

# 新竹市第四十二屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)機電與資訊

組 別：國小組

作品名稱：畚斗加外掛：智能綠動輕掃機

關 鍵 詞：掃地機、智能控制、環保綠能

編 號：

# 畚斗加外掛：智能綠動輕掃機

## 摘要

每天打掃時，總要耗費大量的力氣及時間，十分不便，所以我們想要製造一個可以輕鬆完成打掃工作的掃地機。得到的研究成果有：

1. 第一代：改良學長姐的掃地機，用三段開關控制 TT 馬達，但厚紙板的支撐不足，不防水，且電線暴露在外。
2. 第二代防水：改用雷切密集板利於重複製作，提高了支撐力，並塗上防水漆。
3. 第三代綠能加觸控：使用太陽能板供電、Arduino UNO 開發板觸控開關。
4. 第四代智能綠動：使用加速度感測模組偵測動作，結合綠能發電，兼具行動充電功能。

在實際測試後，我們發現：第四代智能綠動輕掃機，能在校園的所有平地上清掃及傾倒垃圾，製作容易且單價也比一般掃地機便宜，所以算是非常成功！最後，我們也提出了未來可以繼續研究改良的建議。

## 壹、前言

### 一、研究動機：

每次帶著掃把到外掃區，看到滿地的落葉，總是會先發出一聲長長的嘆息，看來又得花上一段時間才能掃完。在學校的打掃時間只有短短十五分鐘，還包含上下樓梯、倒垃圾的時間，這樣一來一往，時間所剩無幾。若又遇到下雨過後的外掃區，或是滿地的果子，甚至一陣風吹來，好不容易聚集的落葉又隨風吹散，想要清掃濕濕黏黏的落葉、想打掃乾淨更是一大工程。

與其每次帶著笨重的工具爬上爬下，加上自然課中學到，掃把在槓桿原理中是屬於費力的工具，我們開始幻想起是否有更輕鬆的方式將外掃區打掃完呢？在學校科學競賽培訓中，恰巧看到以前學長姊曾經嘗試做過的掃地機，在一翻思考過後，參考當時學長姊的想法，決定親自試著做出方便攜帶、有效率、成本低，甚至可以更加節能與省力的掃地機，並在校內推廣，讓校內無論高年級還是中低年級打掃外掃區同學們，皆可以輕鬆操作，完成打掃外掃區的工作。

## 二、研究目的：

在大家集思廣益後，決定探究掃地機的扇葉材質，並設計一台掃地機增進掃地效率。

- (一) 設計一台輕便且輕鬆打掃的掃地機
- (二) 研究清掃扇葉的材質對打掃的影響
- (三) 設計具防風防水結構穩固的掃地機
- (四) 設計具有綠能開關能充電的掃地機
- (五) 設計可以用智能控制操作的掃地機
- (六) 探究掃地機在校園內實際清掃效能

## 三、研究問題：

根據研究目的，我們提出以下研究問題：

- (一) 輕便且輕鬆打掃的掃地機如何做？
- (二) 清掃扇葉的材質是否會影響運作？
- (三) 掃地機是否能具備防風防水結構？
- (四) 掃地機是否能支援綠能開關充電？
- (五) 掃地機是否能加上智能感應操控？
- (六) 掃地機是否能實際用於校園外掃？

## 四、文獻探討：

在確認目標與研究目的及問題後，我們找尋歷年的科展作品，並進行探討。

### (一) 新竹市第 38 屆科展—我的畚斗會掃地

掃地機，其實是和畚斗結合使用的畚斗掃地機。為了方便清潔、收納與維護，將之作成可拆卸的主體，並運用減速馬達、清掃膠片轉軸、三切六腳開關等。

其運作方式為：啟動減速馬達帶動清掃膠片轉軸轉動，將畚斗前方的落葉掃進畚斗裡。並依照打掃情形，透過運用三切六腳開關控制清掃膠片轉動方向、啟動與關閉。

※研究方向差異處：實現基本的一代後，進階做出防水的二代、綠能加觸控的三代、智能綠動的第四代。

### (二) 新竹縣第 63 屆科展—黑板上的清潔工

綠能的提供則是使用太陽能光控模組，並透過連接電池保護板避免電池過充或是過放，照到光時可以充電，而手握住板擦機則是放電模式。

智慧開關則是 Arduino 中加上揮動感應模組，感應到揮動時，驅動馬達運轉。

※研究方向差異處：直接使用 5V 太陽能充電，不需經過電池保護板，充放電是利用開關；智能感應操控除了加速度感測模組外，更嘗試運用觸摸感測模組。

### (三) 中華民國第 62 屆科展—落葉終結者-自製掃落葉機

設計滾輪掃落葉裝置、反向滾輪以拋接方式清除落葉裝置、推車改裝電動版掃落葉裝置與樂高機器人智能掃落葉裝置。

而清掃扇葉部分運用資料夾 28 片裝置掃落葉，並研發 3D 列印大小齒輪反向掃落葉裝置，並實際測試掃地效能。

※研究方向差異處：清掃扇葉運用文件套（24x6.5cm），大小更是可直接外掛在畚斗上，有著攜帶方便、收納方便等特性。

## 貳、研究設備及器材

### 一、研究設備

雷射切割機、鑽孔機、線鋸機、鹵素燈

			
雷射切割機	鑽孔機	線鋸機	鹵素燈

### 二、研究器具

熱熔膠槍、膠條、剝線鉗、斜口鉗、尖嘴鉗、螺絲起子、手搖鑽、鑽頭、焊接工具、橡膠槌、木柄尼龍刷、鉛筆、橡皮擦、直尺、剪刀、美工刀、碼表、電子秤

						
熱熔膠槍、膠條	剝線鉗	斜口鉗、尖嘴鉗	螺絲起子	手搖鑽、鑽頭	焊接工具	橡膠槌
						
木柄尼龍刷	鉛筆、橡皮擦、直尺	剪刀、美工刀	碼表	電子秤		

### 三、研究材料

#### (一) 基本材料

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲（魔帶）、寶特瓶蓋、吸管、文件套 + 桿子、TT 馬達（減速馬達）

						
雙面膠、泡棉膠	絕緣膠帶	電線	金蔥鐵絲（魔帶）	寶特瓶蓋	吸管	
						
文件套 + 桿子	TT 馬達（減速馬達）					

## (二) 一代掃地機

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲（魔帶）、寶特瓶蓋、吸管、文件套& 桿子、TT 馬達、厚紙板、6P3 段開關、護貝膠膜、投影片、3 號電池、塑膠盒、電池盒



## (三) 二代掃地機

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲、寶特瓶蓋、吸管、文件套& 桿子、TT 馬達、密集板、6P3 段開關、3 號電池、電池盒、水性護木漆（亮光漆）、圓木棒、螺絲、螺帽、魔鬼氈& 魔鬼氈束線帶、木工膠、JST 端子線



## (四) 三代掃地機—太陽能充電

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲、寶特瓶蓋、吸管、文件套& 桿子、TT 馬達、密集板、6P3 段開關、水性護木漆（亮光漆）、圓木棒、螺絲、螺帽、魔鬼氈& 魔鬼氈束線帶、木工膠、JST 端子線、船形開關、5V 太陽能板、18650 鋰電池、KTDIYC1 鋁合金免焊接行動電源、Micro USB/USB



## (五) 三代掃地機—Arduino 智能控制

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲、寶特瓶蓋、吸管、文件套& 桿子、TT 馬達、密集板、水性護木漆、圓木棒、螺絲、螺帽、魔鬼氈& 魔鬼氈束線帶、木工膠、JST 端子線、船形開關、18650 鋰電池、KTDIYC1 鋁合金免焊接行動電源、Micro USB/USB、Arduino UNO、觸摸感測器模組（TTP223B）、馬達驅動板（L298N）、麵包板、杜邦線



## (六) 四代智能綠動輕掃機

雙面膠、泡棉膠、絕緣膠帶、電線、畚斗、金蔥鐵絲、寶特瓶蓋、吸管、文件套&桿子、TT馬達、密集板、水性護木漆、圓木棒、螺絲、螺帽、魔鬼氈&魔鬼氈束線帶、木工膠、JST端子線、船形開關、5V 太陽能板、18650 鋰電池、KTDIYC1 鋁合金免焊接行動電源、Micro USB/USB、Arduino UNO、馬達驅動板 (L298N)、麵包板、杜邦線、**加速度感測模組 (MPU6050)**



加速度感測模組

## 參、研究過程或方法

### 一、研究過程

#### (一) 研究架構

依據目的需求，思考研究架構，如圖 1 所示：

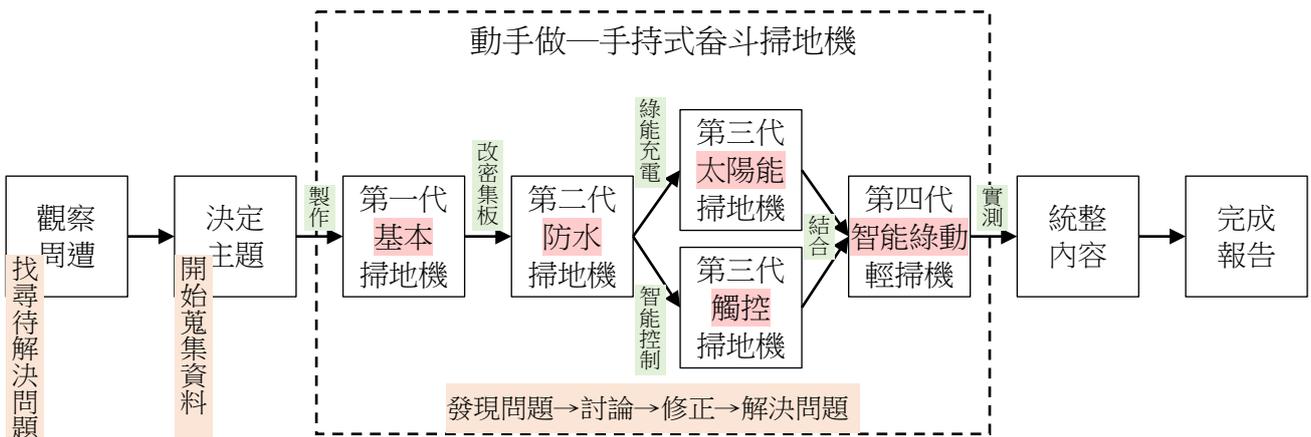


圖1 研究架構圖

#### (二) 研究流程

依照研究架構，擬出研究方向(圖 2)，並訂定研究步驟(圖 3)與時間分配(表 1)。

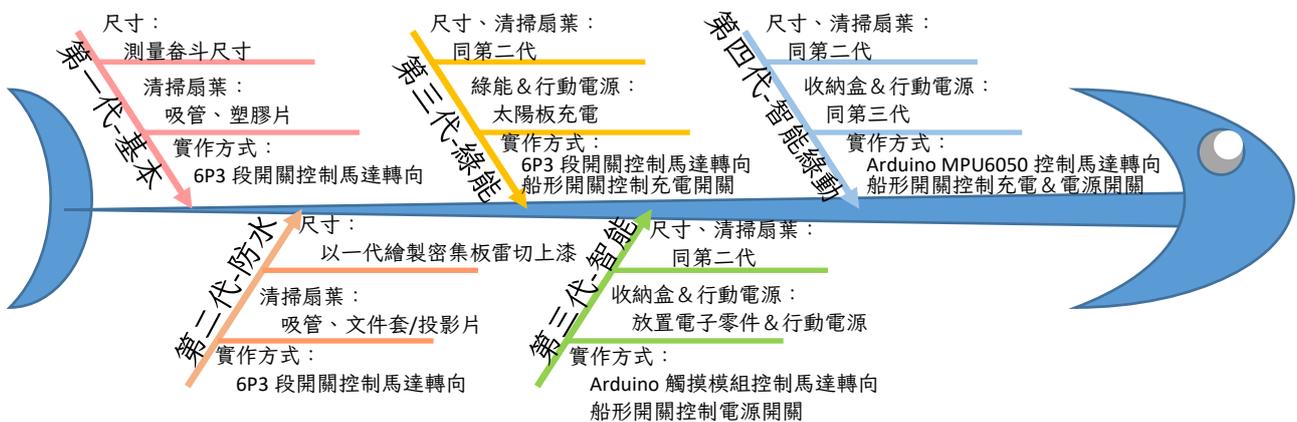


圖2 研究方向

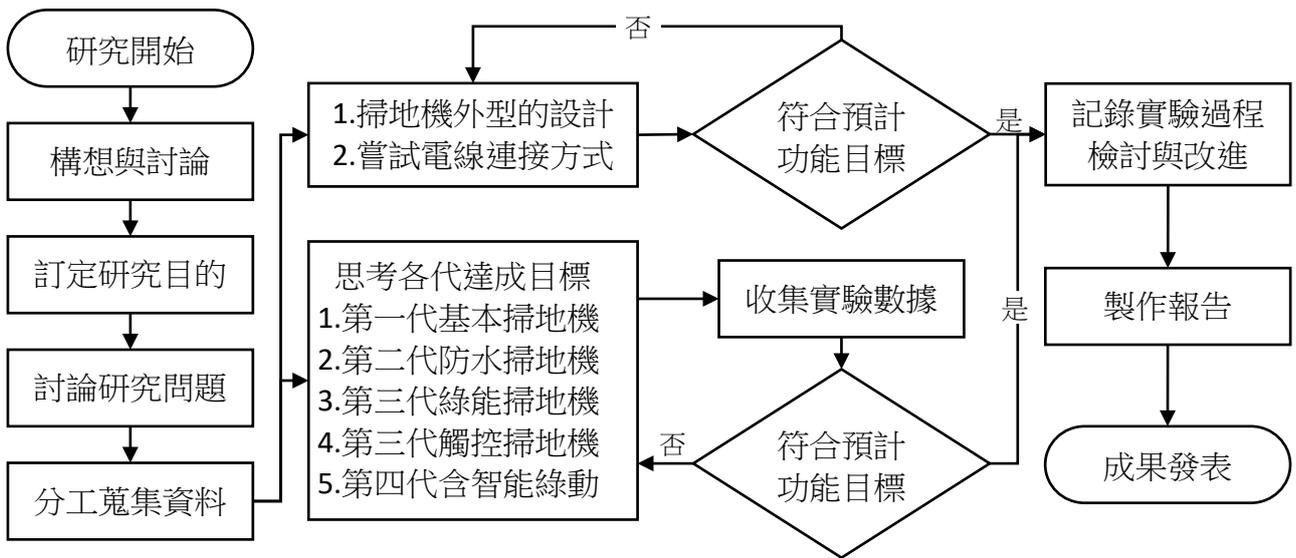


圖3 研究步驟流程圖

表1 時間分配表

項目/月份	112.12	113.01	113.02	113.03	113.04
1.討論主題					
2.蒐集資料					
3.決定人選					
4.製作一代					
5.製作報告					
6.修正討論					
7.雷射切割					
8.製作二代					
9.製作三代					
10.製作四代					
11.成品測試					
12.成果發表					

## 二、研究方法

### (一) 一代基本掃地機

除了第 62 屆全國科展製作過掃落葉機和第 38 屆新竹市科展的簡易畚斗掃地機外，我們更思考著這些是否能推廣至校園各個班級，讓在校園裡打掃外掃區的同學也能容易做出輕便輕鬆打掃的掃地機。

#### 1.設計初稿

我們一開始設計的草稿圖，如圖 4：

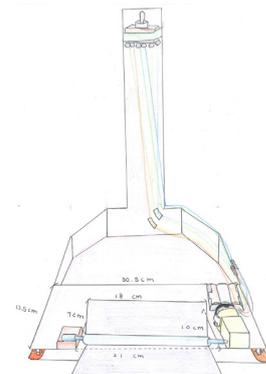


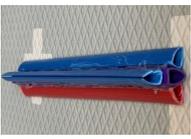
圖4 掃地機設計初稿

## 2.製作步驟

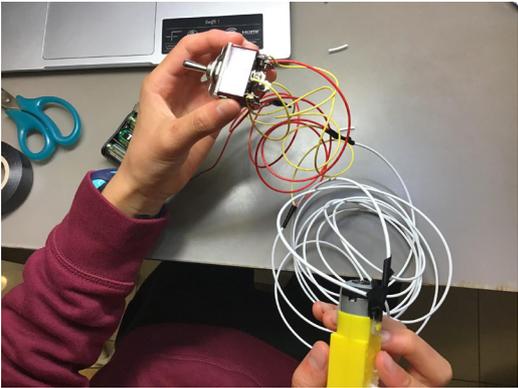
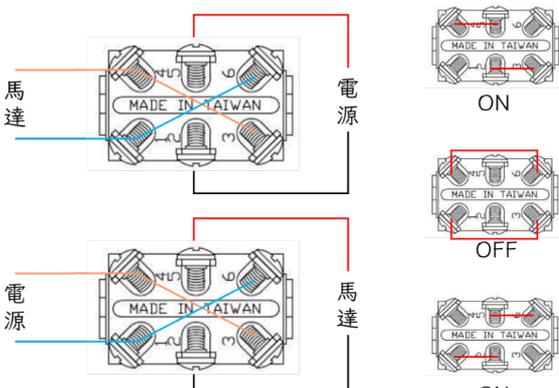
### (1) 製作底板

<p>① 將紙板剪成ㄇ字型</p> 	<p>② 剪兩片小的紙板，並固定在ㄇ字型紙板兩側。</p> 
---	--

### (2) 清掃扇葉

<p>① 將文件套/投影片剪成一樣的三片</p> 	<p>② 將 4 根文件套桿子使用熱熔膠黏在一起</p> 	<p>③ 將文件套/投影片放進凹槽裡，用熱熔膠黏好</p> 	<p>④ 細吸管放入文件套桿子內，並用熱熔膠固定</p> 
<p>⑤ 吸管和竹筷個塞入文件套桿子兩側，細吸管塞進 TT 馬達的軸。</p> 			

### (3) 連接電線

<p>① 準備電線、6P3 段開關和電池盒，把電線接到 6P3 段開關上，接法如圖 5</p> 	 <p>圖5 6P3 段開關 接法</p>
---	---

### (4) 最後組裝

<p>① 把 6P3 段開關用絕緣膠帶固定到畚斗握把</p> 	<p>② 將馬達、電池盒固定在紙板上</p> 	<p>③ 把 TT 馬達、吸管 (固定竹筷)和電池盒黏在紙板</p> 	<p>④ 把底座固定在畚斗上</p> 
--	--	---	--

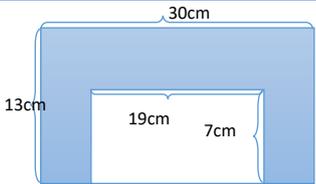
### 3.尺寸規格與價格

為瞭解自製的掃地機是否能推廣至校園各個班級，無論是材料的取得容易程度或是價格上，我們皆選擇身邊方便取得且價格便宜的物品，來製作便宜方便的掃地機，並觀察成品的尺寸規格，為後續幾代做準備。

#### (1) 尺寸規格

實際完成一代基本掃地機後，整體大小的尺寸規格如表 9、圖 6。

表2 一代基本掃地機尺寸表

材料	數量	尺寸
粗吸管	一根	×
細吸管	兩段	約 4cm
文件套桿子	四根	20cm
紙板	一片	
塑膠片	三片	18cmx7cm
電線 紅&白	各兩段	大約 90cm
電線 灰	兩段	大約 70cm

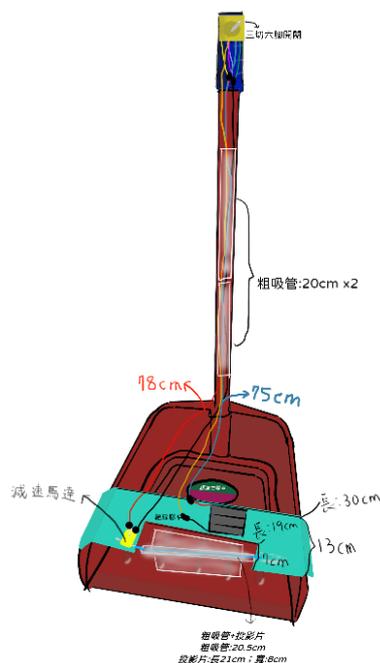


圖6 成品尺寸規格

#### (2) 成本計算

表3 一代基本掃地機成本

材料	價錢 (元)	數量	總價
6P3 段開關	45	1	45
TT 馬達	15	1	15
Toshiba 電池	9.3 (一顆)	3	27.9
三槽電池座	14	1	14
畚斗	39	1	39
投影片	5 (一張)	3	15
粗吸管	0.4 (一根)	1	0.4
多芯電線	6 (100cm)	3	18
pp 板	21	1	21
細吸管	0.14 (一根)	2	0.28
電線	7.5(捆、100cm)	2	15
絕緣膠帶	20	1	20
泡棉膠	10	1	10
文件套桿子	3	4	12
竹筷	3	1	3
總計：			255.58 元

## (二) 第一代清掃扇葉的材質與實際運作

在第一代基本掃地機完成後，手邊中有不同的塑膠材質，我們便開始思考哪種材質比較適合拿來當掃地機的清掃扇葉，我們比較護貝膠膜、文件套與投影片，並逐一至校園中的每個場地實際運作，依此擬出實驗設計。

### 1. 實驗設計

- (1) 操作變因：清掃扇葉的材質（護貝膠膜、文件套、投影片）
- (2) 控制變因：落葉量、天氣狀況、底座設計

### 2. 實驗步驟

- (1) 蒐集落葉。
- (2) 將文件套桿子上裝上護貝膠膜/文件套/投影片，至校園中場地測試。
- (3) 至校園中各個場地，重複(3)，並記錄結果。

### 3. 實驗結果

材質	水泥地	人工草皮	走廊	石頭地	橡膠地墊	跑道	油漆	草地
護貝膠膜	×	×	×	×	×	×	×	×
文件套	好	不易清掃	好	好	好	好	好	不易清掃
投影片	好	不易清掃	好	好	不易清掃	不易清掃	不易清掃	不易清掃

## (三) 二代防水掃地機

考量到收納方便性與防水性，並思考畚斗破損需更換，討論後決定將底板更換成具有防水效果的材質，而在壓克力與密集板中取捨。後因壓克力在雷射切割上是一大工程，最後選擇以密集板作為後續幾代掃地機的底板。

### 1. 雷射切割

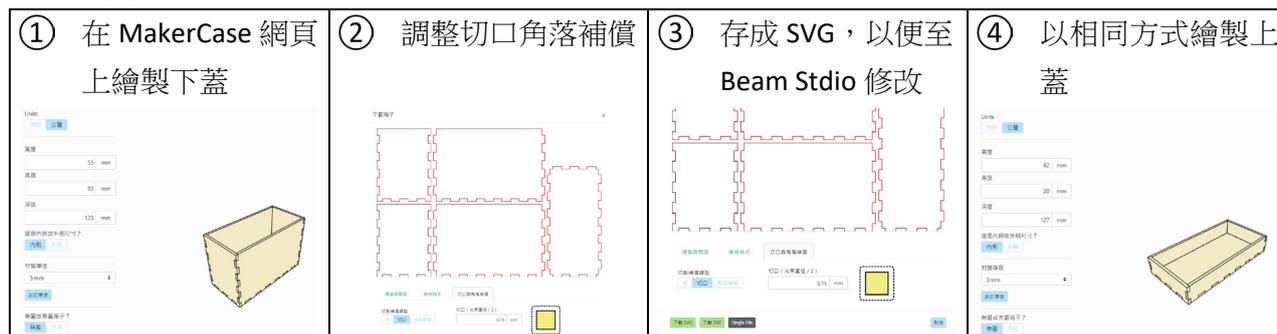
為降低手動切割密集板時的誤差，決定使用雷射切割機來切割密集板。使用雷射切割機除了可重複切割、製作相同材料，在實驗過程中若有需要，更容易調整修改設計，而為了環保與重複利用，定稿前雷射切割的材料也會透過線鋸機、鑽孔機、手搖鑽等設備與工具做調整。

我們使用雷射切割機製作底板與收納盒所需要的部件，包含：

- (1) 底板：提把、馬達放置處、放置清掃扇葉卡榫、畚箕與底板卡榫等。
- (2) 收納盒：收納電池盒、電子零件及行動電源。

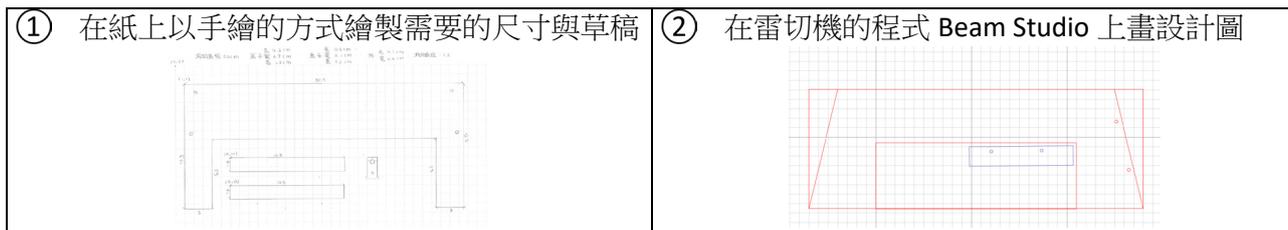
### 2. 製作步驟

- (1) 設計收納盒（考量後續放置 Arduino 等相關設備，設計相同大小的下蓋）



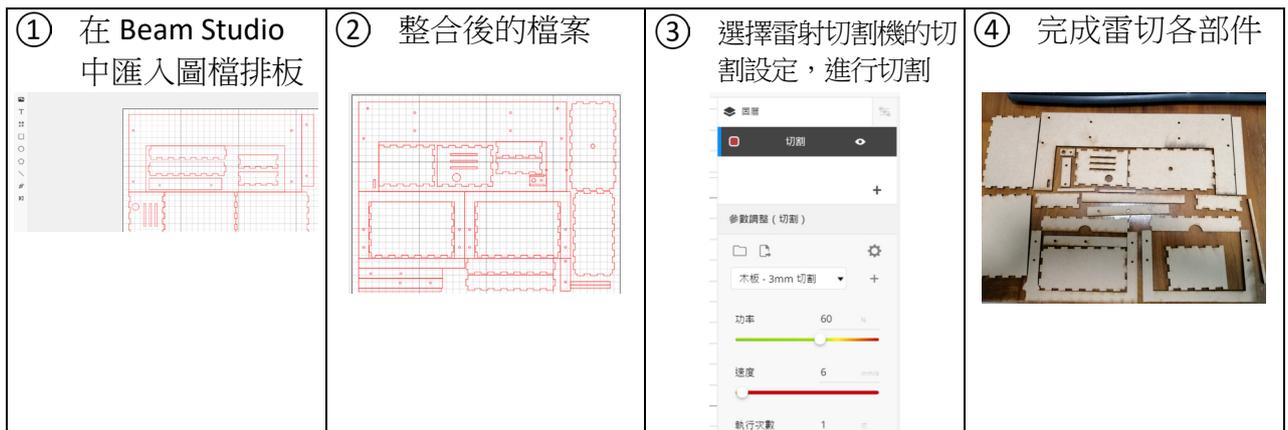
## (2) 設計底板

參考一代設計圖，使用雷射切割的程式 Beam Studio 畫設計圖。



## (3) 整合與切割

為避免浪費，執行雷射切割前在 Beam Studio 將上蓋與下蓋的設計圖匯入。



## (4) 上漆組裝



## (5) 測試結果

在防水漆乾了後，我們灑水在上防水漆的底板上，更觀察到底板上有一粒粒水珠。

## 3. 尺寸規格與價格

我們記錄下二代所需材料的尺寸與規格，以便後續做比較與使用。

### (1) 設計圖稿

在確定尺寸後，我們在 Beam Studio 上畫出的設計圖稿如圖 7。

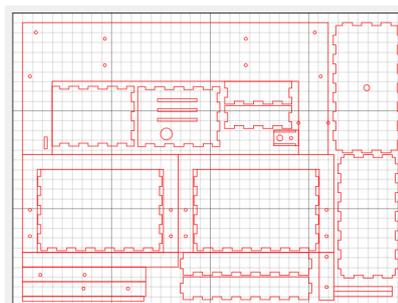


圖7 二代防水掃地機尺寸設計圖稿

## (2) 尺寸規格

尺寸規格如表 4，框出部分為後代相同的尺寸。

表4 二代防水掃地機尺寸表

材料	尺寸 (單位：公分/毫米)
底板	長 310mm 寬 135mm 鎖螺絲的洞x2：直徑 3mm
底板凹槽	長 250mm 寬 75mm
∩字型提把外框	長 168mm 寬：145mm
∩字型提把內框	長 128mm 寬：130mm
∩字型提把外框與內框的間隔	15mm
∩字型提把x2	鎖螺絲的洞x2：直徑 3mm
夾在∩字型提把中間的密集板	長 158mm 寬：15mm
固定器x2	長 125mm 寬 15mm 鎖螺絲的洞x2：直徑 3mm
底板上的魔鬼氈x2	13cm
下蓋盒子上的魔鬼氈x2	15cm
固定著上下蓋盒子的魔鬼氈x2	22cm
清掃扇葉x3	長 24cm 寬：6.5cm
上蓋盒子	(外側)長 133mm 寬 67mm 高 23mm 中間的洞：直徑 6mm 裡面的木條第一種：長 124mm 寬 3mm 第二種：長 59mm 寬 3mm
下蓋盒子	(外側)長 126mm 寬 61mm 高 83mm 其中一側有三個長方形孔： 長 4mm 寬 40mm，每個孔間隔 7mm 放 6P3 段開關的圓洞：直徑 14mm

## (3) 成本計算

材料價格如表 5，藍色部分與後代相同。

表5 二代防水掃地機成本

材料	價錢(元)	數量	總價	材料	價錢(元)	數量	總價
畚斗	39	1	39	密集板	20	1	20
TT 馬達	15	1	15	文件套	5 (一張)	2	10
粗吸管	0.4 (一根)	1	0.4	文件套桿子	3	4	12
細吸管	0.14 (一根)	2	0.28	螺絲螺帽	3	10	30
圓木棍	3	1	3	電線	7.5(捆、100cm)	2	5.5
竹筷	3	1	3	絕緣膠帶	20	1	20
金蔥鐵絲	36	1	36	泡棉膠	10	1	10
緞帶	20	1	20	木工膠	35	1	35
魔鬼氈	24	1	24	防水護木漆	360	1	360
魔鬼氈束帶	32	1	32				
<b>小計：684.68 元</b>							
材料	價錢(元)	數量	總價	材料	價錢(元)	數量	總價
6P3 段開關	45	1	45	多芯電線	6 (100cm)	3	18
Toshiba 電池	9.3 (一顆)	3	27.9	JST 端子線	4	1	4
三槽電池座	14	1	14				
<b>小計：108.9 元</b>							
						<b>總計：793.58 元</b>	

## (四) 三代綠能掃地機

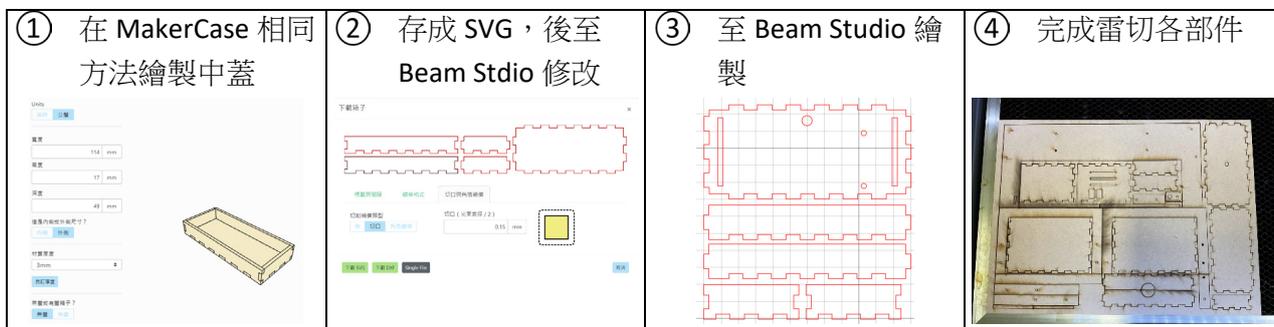
在推崇環保的年代，能運用綠能也是很重要的一環，我們決定在三代中加入太陽能板，利用太陽能板發電，使資源能再次利用。

### 1. 製作步驟

三代的收納盒與底板與二代相同，但我們額外再增加中蓋盒子，將上蓋與中蓋結合，組裝成一個可以攜帶的小外盒，攜帶之餘可利用太陽能充電到行動電源裡的 18650 鋰電池。

#### (1) 設計中蓋

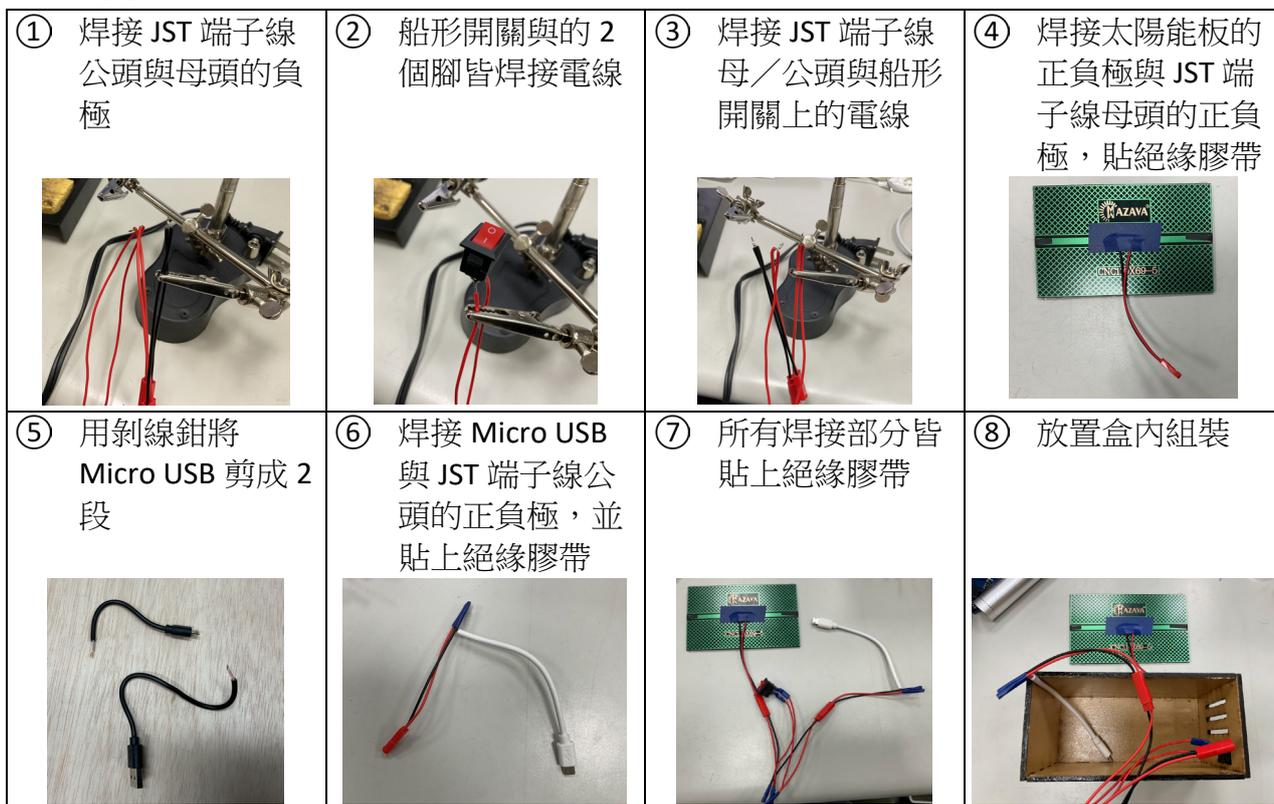
中蓋盒子可放置下蓋盒子，又可與上蓋盒子結合，因此除了運用 MakerCase 製作盒子之外，又再增加幾條小木條（可用切割的邊角料），黏貼於上蓋內。



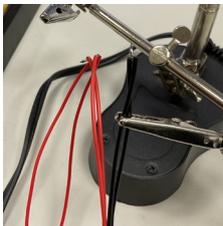
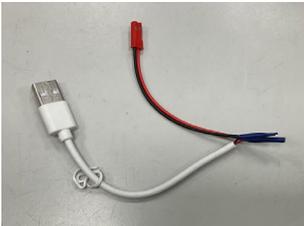
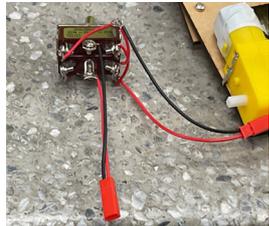
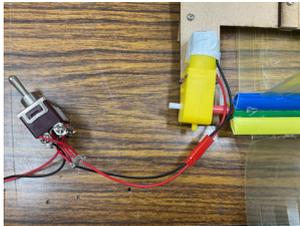
#### (2) 上漆組裝

與第二代相同。

#### (3) 焊接充電裝置開關



#### (4) 供電裝置焊接與接線

<p>① 焊接 JST 端子線公頭與母頭的負極</p> 	<p>② 焊接 USB 與 JST 端子線母頭正負極，貼絕緣膠帶</p> 	<p>③ 將 JST 端子線公頭兩端與 6P3 段開關連接</p> 	<p>④ 利用電線與 JST 端子線連接，作為連接馬達部分</p> 
---	--	--	---

#### (5) 測試太陽能板與充電開關

我們運用鹵素燈來模擬太陽能照光(如圖 8)，並測試加上開關後是否能將電充進行動電源。

#### (6) 測試結果

照射太陽光時，行動電源指示燈會亮，顯示有成功充電。



圖8 模擬太陽能照光

## 2. 尺寸規格與價格

同第二代，我們記錄下三代綠能掃地機所需材料的尺寸規格與價格，以便後續做比較與使用。

### (1) 尺寸規格

表6 三代綠能掃地機尺寸表

材料	尺寸 (單位：公分/毫米)
底板、底板凹槽、ㄇ字型提把外框、ㄇ字型提把內框、ㄇ字型提把外框與內框的間隔、ㄇ字型提把x2、夾在ㄇ字型提把中間的密集板、固定器x2、底板上的魔鬼氈x2、下蓋盒子上的魔鬼氈x2、固定著上下蓋盒子的魔鬼氈x2、清掃扇葉x3、底板、上蓋盒子	與二代相同
中蓋盒子	(外側)長 120mm 寬 55mm 高 20mm 中間的洞：直徑 6mm 兩條長形的洞：長 42mm 寬 3mm 鎖螺絲的洞x2：直徑 3mm
下蓋盒子	(外側)長 126mm 寬 61mm 高 83mm 其中一側有三個長方形孔： 長 4mm 寬 40mm，每個孔間隔 7mm 放 6P3 段開關的圓洞：直徑 14mm 放船形開關的長方形洞：長 14mm 寬：9mm

## (2) 設計圖稿

與二代圖稿差異在收納盒下蓋盒子側邊，多增加太陽能充電開關（控制開啟充電功能），實際設計圖稿(圖 9)。為避免浪費，實際僅切割需更換密集板，如圖 10。

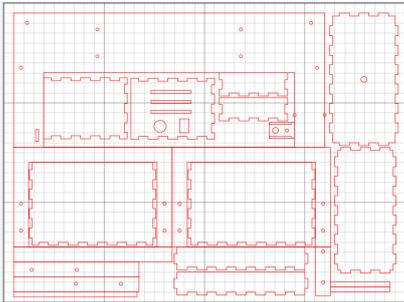


圖9 三代綠能掃地機尺寸設計圖稿

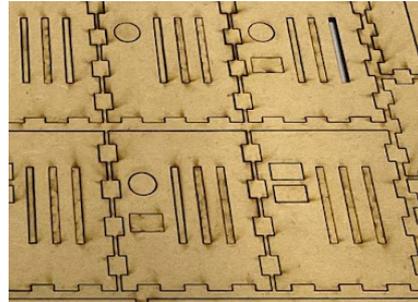


圖10 實際切割密集板

## (3) 成本計算

表7 三代綠能掃地機成本

材料				總價			
畚斗、TT 馬達、粗吸管、細吸管、圓木棍、竹筴、金蔥鐵絲、緞帶、魔鬼氈、魔鬼氈束帶、密集板、文件套、文件套桿子、螺絲螺帽、電線、絕緣膠帶、泡棉膠、木工膠、防水護木漆				與二代相同， 小計：684.68 元			
材料	價錢 (元)	數量	總價	材料	價錢 (元)	數量	總價
18650 電池	247.5	1	247.5	6P3 段開關	45	1	45
鋁合金行動電源	59	1	59	船形開關	4	1	4
Micro USB	5	1	5	JST 端子線	4	4	16
5V 太陽能板	109	1	109				
小計：485.5 元				總計：1170.18 元			

## (五) 三代觸控掃地機

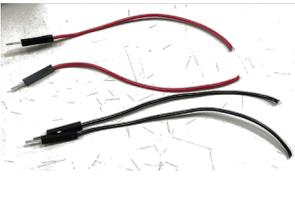
在目前 IoT 物聯網的時代下，智能操作也列入我們考慮的一環，從二代到三代，我們同步進行使用太陽能與 Arduino UNO 開發板的運用。在討論後，我們決定用觸摸感測模組及船形開關取代 6P3 段開關，並以此製作我們的三代觸控掃地機。

### 1. 製作步驟

#### (1) 底座與收納盒、上漆組裝

與三代綠能掃地機相同。

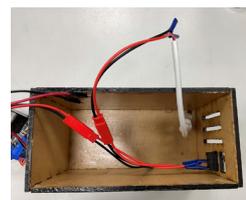
#### (2) 焊接供電裝置開關

<p>① 焊接 JST 端子線公頭與母頭的負極</p> 	<p>② 焊接 JST 端子線與船形開關上的電線，貼上絕緣膠帶</p> 	<p>③ 焊接 USB 與 JST 端子線母頭的正負極，並貼上絕緣膠帶</p> 	<p>④ 用剝線鉗將公公杜邦線剪成 2 段</p> 
---	---	--	---

⑤ 焊接 JST 端子線公頭與杜邦線，正極與暖色杜邦線（表示正極）、負極與冷色杜邦線（表示負極），貼上絕緣膠帶



⑥ 放置盒內組裝



### (3) L298N 馬達驅動模組的接線

因 Arduino 無法直接驅動馬達，因此我們使用 L298N 來驅動馬達。

L298N 的腳位說明與接線如圖 11，並將馬達的接頭上的兩條線以 JST 端子線來連接馬達，而供電與接地皆由供電裝置中的杜邦線連接。

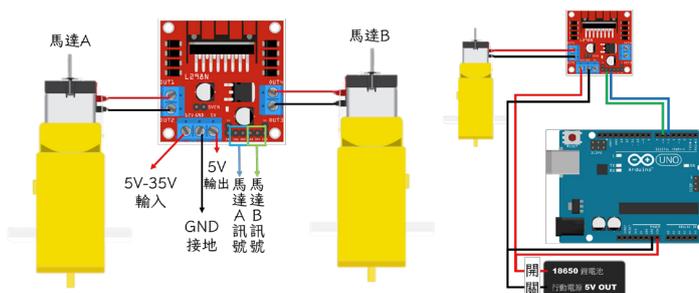


圖 11 L298N 的腳位說明與接線圖

### (4) 觸摸感測模組的程式與接線

我們利用觸摸感測模組，按三下為一個循環，開啟電源後馬達呈停止狀態，右撇子模式下，當觸摸一下會逆時針轉動（掃地模式），再觸摸一次會變成順時針轉動（倒垃圾模式），如果再按一下則停止。若要繼續使用，只需再按一下就能再次掃地。其接線如圖 12、程式如圖 13。

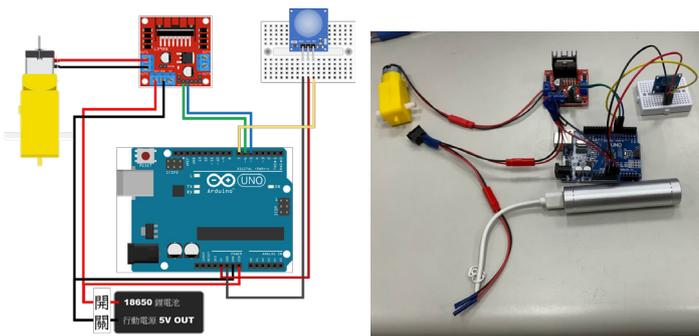


圖 12 觸摸感測模組與 Arduino 接線圖

```

SETUP 設定
設定 pin7_before 為 低電位 (LOW)
設定 pin7_now 為 低電位 (LOW)
設定 touch 為 0
設定 腳位 5 的電位為 低電位 (LOW)
設定 腳位 6 的電位為 低電位 (LOW)
    
```

```

主程式 (不斷重複執行)
設定 pin7_now 為 讀取 腳位 7 的電位高低
如果 pin7_before = 低電位 (LOW) 且 pin7_now = 高電位 (HIGH)
執行 將 touch 的值 加上 1
    如果 取餘數自 touch + 3 = 1
        執行 設定 腳位 5 的電位為 低電位 (LOW)
            設定 腳位 6 的電位為 高電位 (HIGH)
    否則如果 取餘數自 touch + 3 = 2
        執行 設定 腳位 5 的電位為 高電位 (HIGH)
            設定 腳位 6 的電位為 低電位 (LOW)
    否則 設定 腳位 5 的電位為 低電位 (LOW)
        設定 腳位 6 的電位為 低電位 (LOW)
設定 pin7_before 為 pin7_now
    
```

圖 13 觸摸感測模組與 Arduino 程式圖

## (5) 測試結果

觸摸第一下—逆時針轉（掃地模式）、觸摸第二下—順時針轉（倒垃圾模式）、觸摸第三下—馬達停止轉動（三下為一循環）。

## 2. 尺寸規格與價格

我們一樣列出三代觸控掃地機的尺寸規格與價格，供往後做比較與研究使用。

### (1) 設計圖稿

三代觸控掃地機雷射切割的設計圖稿與圖 9 相同。

### (2) 尺寸規格

三代觸控掃地機尺寸規格與表 6 相同。

### (3) 成本計算

表8 三代觸控掃地機成本

材料				總價			
畚斗、TT 馬達、粗吸管、細吸管、圓木棍、竹筷、金蔥鐵絲、緞帶、魔鬼氈、魔鬼氈束帶、密集板、文件套、文件套桿子、螺絲螺帽、電線、絕緣膠帶、泡棉膠、木工膠、防水護木漆				與二代相同，小計：684.68 元			
材料	價錢（元）	數量	總價	材料	價錢（元）	數量	總價
18650 電池	247.5	1	247.5	船形開關	4	1	4
鋁合金行動電源	59	1	59	JST 端子線	4	3	12
Micro USB	5	1	5	Arduino UNO	99	1	99
觸摸感測器模組	50	1	50	L298N	45	1	45
小計：521.5 元				總計：1206.18 元			

## (六) 四代智能綠動輕掃機

我們將三代的綠能掃地機與觸控掃地機結合，因觸摸感測模組無法防水，在第四代中，以加速度感測模組取代觸摸感測模組，並結合綠能發電試著完成第四代的智能綠動輕掃機。

### 1. 製作步驟

#### (1) 底座&收納盒、上漆組裝

底座與收納盒皆和二、三代製作方法相同，而四代將三代綠能掃地機的 6P3 段開關改成船形開關與加速度感測器，作為控制掃地模式與倒垃圾模式切換。

#### (2) 焊接充電&供電裝置開關

四代為三代兩者的結合，無論是充電裝置或是供電裝置，需要焊接的部分分別與綠能掃地機、觸控掃地機相同。

#### (3) L298N 馬達驅動模組的接線

與三代觸控掃地機相同，因 Arduino 無法直接驅動馬達，而用 L298N 驅動馬達。

#### (4) 加速度感測模組的程式與接線

我們利用感應晃動與傾斜開啟加速度感測模組，當有感應到晃動與傾斜（X、Y、Z 任一軸的變化值  $\geq 700\text{mg}$ ）時，馬達就會被驅動 1 秒鐘，執行倒垃圾模式，否則馬達就是呈現掃地模式。其接線如圖 14、程式如圖 15。

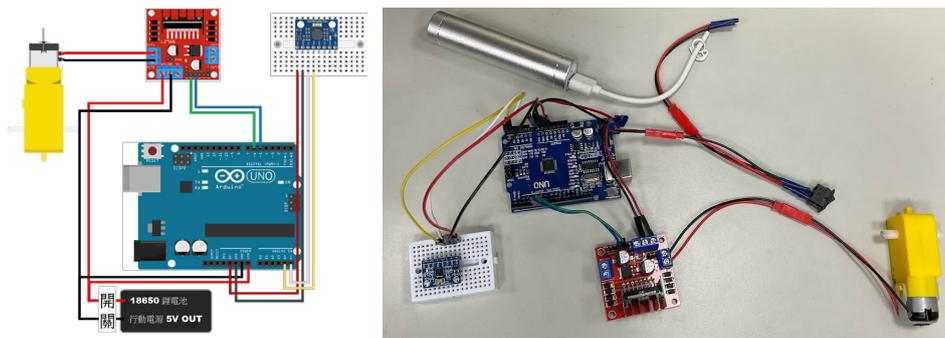


圖14 加速度感測模組與 Arduino 接線圖

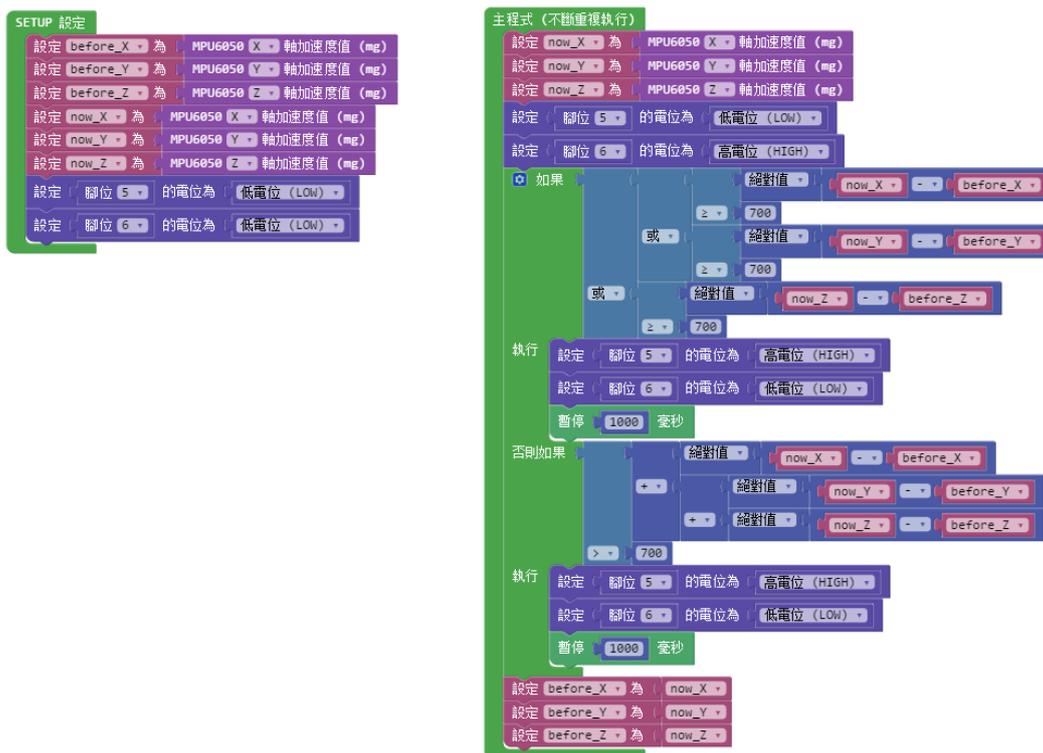


圖15 加速度感測模組與 Arduino 程式圖

### (5) 測試結果

開啟電源，馬達逆時針轉動（掃地模式），X、Y、Z 軸變化值超過 700—順時針轉動（倒垃圾模式）。

## 2. 尺寸規格與價格

我們一樣列出四代智能綠動輕掃機的尺寸規格與價格，供後續做比較與研究使用。

### (1) 設計圖稿

與三代雷同，最主要差異在收納盒下蓋盒子側邊，四代將三代綠能掃地機的 6P3 段開關改成船形開關（以便控制是否開啟供電），實際設計圖稿如圖 16。而為避免浪費，實際僅切割需更換密集板。

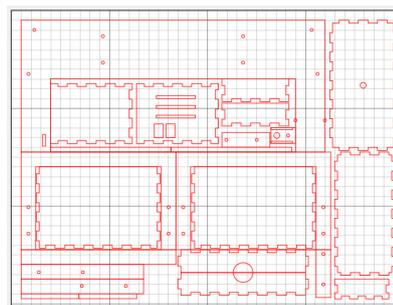


圖16 四代智能綠動輕掃機尺寸設計圖稿

## (2) 尺寸規格

表9 四代智能綠動輕掃機機尺寸表

材料	尺寸 (單位：公分/毫米)
底板、底板凹槽、 $\square$ 字型提把外框、 $\square$ 字型提把內框、 $\square$ 字型提把外框與內框的間隔、 $\square$ 字型提把x2、夾在 $\square$ 字型提把中間的密集板、固定器x2、底板上的魔鬼氈x2、下蓋盒子上的魔鬼氈x2、固定著上下蓋盒子的魔鬼氈x2、清掃扇葉x3、底板、上蓋盒子、中蓋盒子	與三代相同
下蓋盒子	(外側)長 126mm 寬 61mm 高 83mm 其中一側有三個長方形孔： 長 4mm 寬 40mm，每個孔間隔 6mm 放船形開關的長方形洞x2：長 14mm 寬：9mm

## (3) 成本計算

表10 四代智能綠動輕掃機成本

材料				總價			
畚斗、TT 馬達、粗吸管、細吸管、圓木棍、竹筷、金蔥鐵絲、緞帶、魔鬼氈、魔鬼氈束帶、密集板、文件套、文件套桿子、螺絲螺帽、電線、絕緣膠帶、泡棉膠、木工膠、防水護木漆				與二代相同，小計：684.68 元			
材料	價錢 (元)	數量	總價	材料	價錢 (元)	數量	總價
18650 電池	247.5	1	247.5	船形開關	4	2	4
鋁合金行動電源	59	1	59	JST 端子線	4	6	12
Micro USB	5	1	5	Arduino UNO	99	1	99
加速度感測模組	50	1	50	L298N	45	1	45
5V 太陽能板	109	1	109				
小計：634.5 元							
				總計：1319.18 元			

## (七) 校園實測

掃地機是否適用於校園不同場地？掃地機實際清掃的效果又如何呢？我們運用動手做出的掃地機，進行校園實際測試，並擬定實驗設計。

### 1. 各代掃地機是否有一定的清掃能力

#### (1) 實驗設計

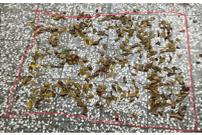
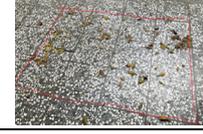
- ① 操作變因：各代掃地機（一代基本、二代防水、三代綠能、三代觸控、四代智能綠動）
- ② 控制變因：清掃面積、相同數量落葉、相同場地、天氣狀況

#### (2) 實驗步驟

- ① 在固定面積，撒上相同數量的落葉。
- ② 用各代掃地機測試，比對實驗結果。

### (3) 實驗結果

#### A. 平滑走廊

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
掃前					
掃後					

#### B. PU 跑道

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
掃前					
掃後					
加水					

### 2. 延伸實驗：各代掃地機的清掃效率

#### (1) 實驗設計

- ① 操作變因：各代掃地機（一代基本、二代防水、三代綠能、三代觸控、四代智能綠動）
- ② 控制變因：清掃面積、相同重量落葉、相同場地、天氣狀況

#### (2) 實驗步驟

- ① 用電子秤測量出 30g 的落葉
- ② 平均撒在方格內（每次測試的方格皆相同）
- ③ 使用各代清掃並記錄所需時間

#### (3) 實驗結果

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
花費時間	32.7 秒	9.7 秒	11.7 秒	12.8 秒	9.3 秒

### 3. 延伸實驗：三代綠能掃地機的清掃落葉效率（落葉重量 30g）

#### (1) 實驗設計

- ① 操作變因：落葉狀態（乾落葉、溼落葉）
- ② 控制變因：操作人員、清掃場地、天氣狀況、掃地時間

## (2) 實驗步驟

- ① 收集 30g 的落葉共四袋，並倒在地上並將落葉分散
- ② 計時一分鐘，使用掃地機清掃直到時間到
- ③ 秤掃起落葉的重量

## (3) 實驗結果

### A. 乾落葉（落葉重量 30g、掃地時間 1 分鐘）

	第一次	第二次	第三次	第四次	平均值
掃起落葉重(g)	24.8	23.6	26.6	27.2	25.55

### B. 溼落葉（掃地時間 1 分鐘）

	第一次	第二次	第三次	第四次	平均值
掃起落葉重(g)	31.9	31.7	33.5	32.8	32.4

## 4. 延伸實驗：各代掃地機實際操作優點與可改進部分

### (1) 實驗設計

- ① 操作變因：各代掃地機（一代基本、二代防水、三代綠能、三代觸控、四代智能綠動）
- ② 控制變因：操作人員、清掃場地、天氣狀況

### (2) 實驗步驟

- ① 在固定面積灑上等重落葉
- ② 掃地時觀察各代的優點與可改進部分

### (3) 實驗結果

	優點	可改進
一代基本	很輕、攜帶方便、成本低	支撐力可再加強
二代防水	很好掃、防水、攜帶方便、有盒子可以保護電線	電力來源是電池，無法重複利用，比較不環保
三代綠能	用太陽能板（再生能源），較環保	重量變重，可試著加輪子
三代觸控	切換順暢	模式切換試著改成更輕易切換
四代智能綠動	切換快速	清掃上坡的感應再調整

## 肆、研究結果

### 一、設計一台輕便且輕鬆打掃的掃地機

#### (一) 說明：

我們成功設計出一台輕便且輕鬆打掃的掃地機——一代基本掃地機，實際成品如圖 17。

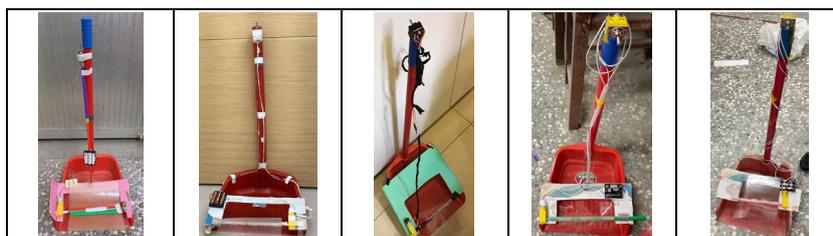
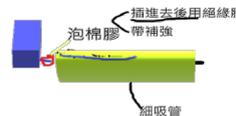


圖17 一代基本掃地機組裝成品

## (二) 遇到的問題、檢討與改進

遇到的問題	檢討與改進	測試的成果
1. 塑膠盒太硬，卡到板子或地板就會停	改用文件套或投影片等較軟的材質	文件套和投影片都可正常運行
2. 馬達軸與細吸管常常黏不緊，導致空轉	(1) 使用熱熔膠黏貼 (2) 同時運用泡棉膠與絕緣膠帶， 先使用泡棉膠黏貼，外層再用絕緣膠帶補強。	馬達順利轉動
3. 需要一直提高掃地，很費力	增加輪子	有輪子後較為省力



## (三) 一代缺點與討論改良方法

缺點	討論與改良方法
1. 支撐板材質脆弱，容易壞掉	改用更堅固的材質（如雷切密集板或壓克力）作為支撐板（底板）
2. 支撐板容易受潮	(1) 壓克力防水 (2) 使用密集板，則加上防水漆
3. 電子器材裸露在外，未受保護	製作盒子，將電子用品妥善放入進行保護
4. 畚斗若需更換，須拆除很多部分	將設備放置在底板或盒子裡

## 二、研究清掃扇葉的材質對打掃的影響

### (一) 說明

用護貝膠膜、文件套、投影片製成的清掃扇葉，實際至各個場地清掃，觀察清掃情形。

### (二) 實驗結果

在測試校園中的水泥地、人工草皮、走廊、石頭地、橡膠地墊、跑道、油漆地與草地之後，結果如表 11。

表11 不同清掃扇葉實際清掃比較表

材質	水泥地	人工草皮	走廊	石頭地	橡膠地墊	跑道	油漆	草地
護貝膠膜	×	×	×	×	×	×	×	×
文件套	好	不易清掃	好	好	好	好	好	不易清掃
投影片	好	不易清掃	好	好	不易清掃	不易清掃	不易清掃	不易清掃

### (三) 研究發現

1. 實際清掃情形：

- (1) 護貝膠膜：運轉過程出現困難，無法將落葉掃進畚斗。
- (2) 文件套：在人工草皮、草地上，雖花的時間稍久，但仍可以清掃完成。
- (3) 投影片：在人工草皮、橡膠地墊、跑道、油漆地與草地清掃時，花的時間較文件套久，但仍可以清掃完成。

2. 我們分析清掃扇葉材質，整理後如表 12。

表12 清掃扇葉材質分析表

護貝膠膜	文件套	投影片
較硬的材質	軟硬度適中	較軟的材質

## (四) 討論

1. 實際清掃效果以文件套材質來做清掃扇葉成效最好，因此後續的幾代皆用文件套。
2. 在分析這些材質之後，發現：
  - (1) 材質過硬缺乏柔軟性，使扇葉容易被地板卡住。
  - (2) 材質過軟沒有足夠的動力，將在地板的落葉掃起。
  - (3) 軟硬度適中的材質較適合掃地機效能。

## 三、設計具防風防水結構穩固的掃地機

### (一) 說明

成功設計出具防風防水結構穩固的掃地機—二代防水掃地機，成品、內部結構如圖 18

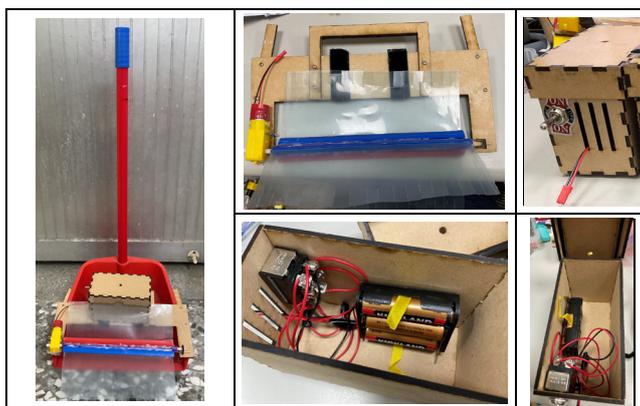


圖18 二代防水掃地機組裝成品&內部詳細構造

### (二) 與前一代差異

我們列出一二代的差異比較，實際測試新一代，測試結果如表 13。

表13 一二代差異比較表

品項	一代	二代	新一代效果
底座材質	厚紙板	密集板+防水漆	防水
電器收納	裸露在外	放置收納盒	保護電器
畚斗更換	受限於電線	可抽取更換	畚斗替換方便



### (三) 遇到的問題、檢討與改進

遇到的問題	檢討與改進	測試的成果
1.馬力不足	改為三顆電池串聯 (原為兩顆電池)	馬達順利轉動
2.底板放到畚斗上時，清掃扇葉掃不到地板	將整個底板往前推	順利掃到地板
3.清掃扇葉的轉軸無法跟馬達的轉軸產生足夠的摩擦力，造成無法轉動	在馬達的轉軸用絕緣膠帶貼一圈，增加摩擦力	馬達順利帶動清掃扇葉
4.扇葉在旋轉時會被魔鬼氈卡住，但如果剪太短就掃不到地板	將清掃扇葉上的刷毛剪得更密，使扇葉前端變軟	清掃扇葉可正常轉動，且能掃起垃圾
5.盒子裡的線會鬆開，或造成短路	(1)使用絕緣膠黏緊 (2)焊接後貼絕緣膠	(1)只要不用力拉，就不會掉 (2)可維持得更久

#### (四) 二代缺點與討論改良方法

缺點	討論與改良方法
1.電量耗盡後更換電池，不環保	改用可充電的電池並搭配太陽能充電
2.6P3 段開關上掃地及倒垃圾模式容易搞混	加入 Arduino 控制模式

#### 四、設計具有綠能開關能充電的掃地機

##### (一) 說明：

成功設計出具有綠能開關能充電的掃地機—三代綠能掃地機，成品、內部結構如圖 19。

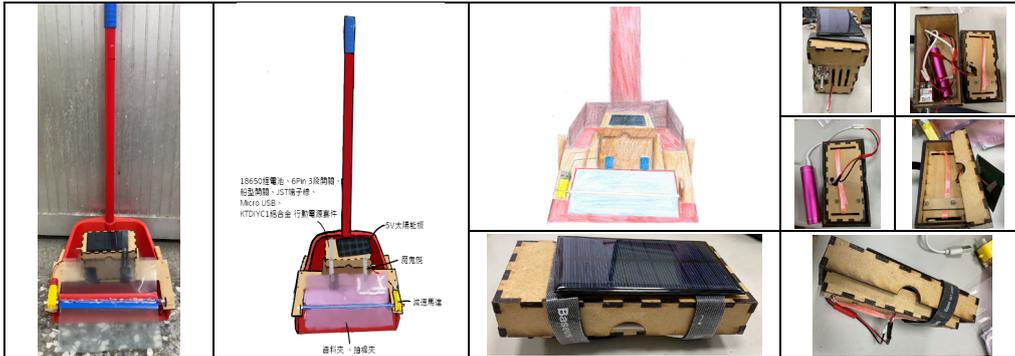


圖19 三代綠能掃地機組裝成品&內部詳細構造

##### (二) 與前一代差異

我們列出二代與三代綠能的差異比較，實際測試新一代，測試結果如表 14。

表14 二三代差異比較表

品項	二代	三代綠能	新一代效果
電池種類	一次性電池	充電電池	可重複使用
充電功能	無法充電	加入充電效果	不用額外取出充電
收納盒攜帶	盒子太大	增加中蓋(內盒)	方便攜帶

##### (三) 遇到的問題、檢討與改進

遇到的問題	檢討與改進	測試的成果
1.太陽能板因電線太長容易晃來晃去	用絕緣膠帶把多餘的電線黏在太陽能板上	太陽能板稍微穩固
2.內盒容易卡住拿不出來	在內盒綁上緞帶	比較好拉

#### 五、設計可以用智能控制操作的掃地機

##### (一) 說明

1.成功設計出可以用智能控制操作的掃地機—三代觸控掃地機，成品、內部結構如圖 20。

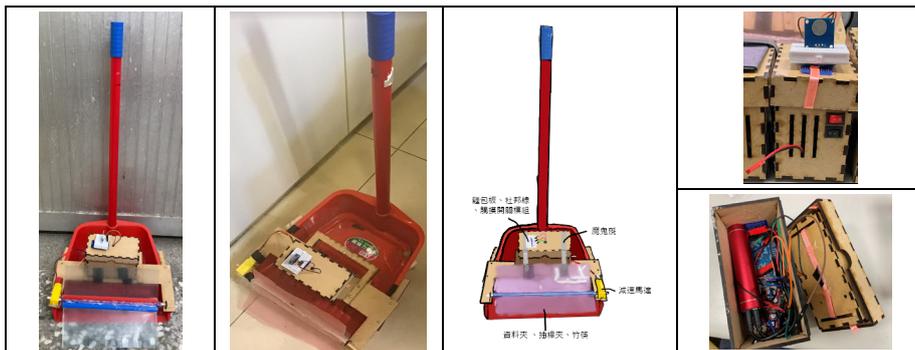


圖20 三代觸控掃地機組裝成品&內部詳細構造

2.成功設計出可以智能來控制操作的掃地機—四代智能綠動輕掃機，成品、內部結構如圖 21，而四代更是結合兩種三代都有的功能。

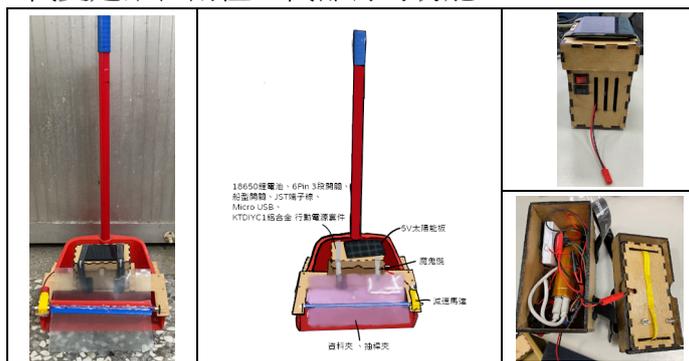


圖21 四代智能綠動輕掃機組裝成品&內部詳細構造

## (二) 與前一代差異

我們列出二代與三代觸控、四代智能綠動差異比較，實際測試新一代，結果如表 15。

表15 二三四代差異比較表

品項	二代	三代觸控	四代智能綠動	新一代效果
清掃模式	扳動 6P3 段開關	觸摸感測模組	加速度感測模組	清掃模式更直觀
充電功能	無法充電	需將電池拿出充電	具備充電效果	充電更加環保

## (三) 遇到的問題、檢討與改進

遇到的問題	檢討與改進	測試的成果
四代馬達容易接觸不良	用絕緣膠帶黏緊一點	降低接觸不良頻率

## (四) 缺點與討論改良方法

缺點	討論與改良方法
三代觸摸感測器裸露在外，無法防水	四代改用加速度感測模組，可放置收納盒內

# 六、探究掃地機在校園內實際清掃效能

## (一) 各代掃地機是否有一定的清掃能力

### 1.說明

在一樣的面積撒上相同落葉，並將掃地機直線推動三次

(一次並非來回)，若剩下落葉低於測試前落葉的  $\frac{1}{3}$ ，即視為通過；並在落葉上灑水，模擬下雨後的溼落葉。



### 2.實驗結果

#### (1) 平滑走廊

表16 平滑走廊實際清掃情形

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
掃前樣貌					
掃後狀況					
是否通過	✓	✓	✓	✓	✓

## (2) PU 跑道

表17 PU 跑道實際清掃情形

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
掃前樣貌					
掃後狀況					
是否通過	✓	✓	✓	✓	✓
加水清掃					
是否能掃	✓	✓	✓	✓	✓

### 3.研究發現：

- (1) 從表 16 可以看出，平滑走廊在實際清掃時，能掃起大部分的落葉。
- (2) 在表 17 可以發現，無論哪一代掃地機，在操場上乾的落葉與沾水的落葉皆能掃。

### 4.討論：

- (1) 所有的掃地機皆符合標準，證明掃地機的實用性。
- (2) 溼落葉的清掃效果並不差，未來有下雨天或雨天後有清掃的可能性。
- (3) 掃地機無論在平滑的地板，或是粗糙的地面皆能有效清掃。
- (4) 一代基本掃地機在掃平滑走廊時，可能因為底板支撐力不足，在擔心隨時掉下來之餘，反而實際用掃把掃會較為快速。
- (5) 在平滑走廊上，每一代都能正常運行，雖然省力，時間卻跟用掃把差不多。

### 5.遇到的問題、檢討與改進

遇到的問題	檢討與改進	測試的成果
畚斗和地面有摩擦力，掃的時候會卡住。	(1)掃的時候用腳往前推 (2)加裝輪子	(1)雖然麻煩但有用 (2)四代智能綠動輕掃機使用上會需要排除狀況

## (二) 延伸實驗：各代掃地機的清掃效率（落葉重量 30g）

### 1.說明

在相同面積上平均撒上 30g 重的乾落葉，使用掃地機清掃（將落葉全部掃完所花的時間），並比對清掃效率。



## 2. 實驗結果

表18 相同面積 30g 重的乾落葉實際清掃比較表

	一代基本	二代防水	三代綠能	三代觸控	四代智能綠動
掃地情形					
花費時間	32.7 秒	9.7 秒	11.7 秒	12.8 秒	9.3 秒

## 3. 研究發現

從表 18 可以看到，二代到四代全部清掃完畢可在 15 秒內完成，一代則需花費比較久的時間。

## 4. 討論：

- (1) 馬達轉速、電量多寡等因素都會影響清掃時間。
- (2) 操作時觀察到的問題與可能原因

	一代	二、三、四代
底板（支撐板）的狀態	較脆弱	較堅固
掃地時的觀察	掃地時由於底板較為脆弱，時常出現底板凹陷，進而妨礙清掃的現象，因此掃地效率較差。	掃地時底板固定不亂動，就能穩穩地掃，掃地效率較高。

## （三）延伸實驗：三代綠能掃地機的清掃落葉效率

### 1. 說明

收集 4 組同樣重的落葉，並在同一時間內，記錄掃起落葉的重量。

### 2. 實驗結果

表19 乾落葉（30g）與溼落葉在一分鐘掃起的落葉重量

	第一次	第二次	第三次	第四次	平均值
掃起乾落葉重(g)	24.8	23.6	26.6	27.2	25.55
掃起溼落葉重(g)	31.9	31.7	33.5	32.8	32.4

### 3. 研究發現

由表 19 可看到，溼落葉重量比乾落葉重，但當下記錄後才想到落葉是溼的，因此測得的重量不能與掃乾落葉進行比較，但結果可證明此掃地機能有效清理溼落葉。

### 4. 討論

- (1) 溼落葉可以改成加水後 30g 重，再實際操作掃起的重量。
- (2) 之後可以改成在固定時間內落葉掃前掃後的比例來記錄。
- (3) 此掃地機可以有效掃起溼落葉，不會受到天氣限制。毛毛細雨時，由於盒子外有一層防水漆，因此在裡頭的電子儀器不會受到影響，這時只要保護裸露在外的觸控板即可，當然若是雨滴大，還是等雨停再清掃會比較安全。

#### (4) 三代觸控掃地機實際使用的優缺點

優點	缺點	改進
1.大部分落葉都能掃起 2.正反轉切換順暢	1.較小的落葉無法掃起，掃完後仍會有一小部分沒掃乾淨。 2.畚斗的無法容納太多垃圾，必須一直倒垃圾	(1)可調整扇葉長度：若將扇葉增長，與地面接觸面積變大。若在扇葉上黏貼塑膠鬚或是毛等，可能可幫助把較小的落葉掃起。 (2)可參考「落葉終結者-自製掃落葉機—推推掃」中拋進垃圾袋的想法。

#### (四) 延伸實驗：各代掃地機實際操作優點與可改進部分

##### 1.說明

在四代全數完成後，我們帶著這四代至校園中實際測試，並依照實際使用情形，列出優點與可改進部分。

##### 2.實驗結果

表20 一到四代掃地機優點與可改進部分

	優點	可改進
一代基本	很輕、攜帶方便、成本低	支撐力可再加強
二代防水	很好掃、防水、攜帶方便、有盒子可以保護電線	電力來源是電池，無法重複利用，比較不環保
三代綠能	用太陽能板（再生能源）較環保	重量變重，可試著加輪子
三代觸控	切換順暢	模式切換試著改成更輕易切換
四代智能綠動	切換快速	清掃上坡的感應再調整

##### 3.研究發現

從表 20 中可以看到，一代掃地機較為輕盈，但紙板的支撐力有限；從二代改成密集板後，底板足以支撐，並有收納盒可以收納；三代後續加上太陽能與觸摸模組，往環保與智能方向前進，可讓切換模式上更為快速，可惜四代在清掃斜坡上需再進一步修正與調整。

##### 4.討論

四代清掃斜坡的部分，可以試著從程式上調整。

## 伍、討論

### 一、底板需具備堅固與防水性

我們發現一代的紙板不夠堅固，無法放太多東西，所以從二代開始便改用**密集板並塗上防水護木漆**，使它在潮溼的天氣也能運轉。未來可以嘗試用三角型結構做中間的支撐，就不怕中間凹陷。

## 二、清掃扇葉材質需軟硬適中

在測試清掃扇葉材質時，發現護貝膠膜太硬，卡到地板就會停；投影片太軟，無法有效帶起落葉，而**文件套是軟硬適中的材質**。為了降低與魔鬼氈接觸時產生的摩擦力，我們將扇葉的刷毛剪得更細，使它變軟。未來可以試著使用其它堅固又有韌性的材質，就能不怕折到又能正常清掃。

## 三、加裝輪子讓畚斗推動更順

在校園實際清掃時，發現有些粗糙的地板摩擦力較大，在推動畚斗時較費力，之後所有的掃地機皆可以在畚斗上**加裝輪子**，在移動或拿取時也會更輕鬆方便。

## 四、太陽能充電實現永續綠能

我們上網查詢關於 **TT 馬達加葉片的耗功率 P 為 0.38W**，而我們在 TT 馬達上加上清掃扇葉，以此清掃落葉及垃圾，粗略估計消耗電功率為 1W，一到五每日打掃時間為 15 分鐘， $1W \times 15\text{min} = 1W \times 0.25\text{h} = 0.25\text{Wh}$ （**每日打掃會消耗 0.25Wh**）。

我們所使用的太陽能板規格為 5V、250mA，充電功率為  $5V \times 250\text{mA} = 1250\text{mW} = 1.25\text{W}$ ，但電池在充電或放電時本身有能量損耗，以**業界標準約為 80%**。若此太陽能板在陽光充足下**充電 6 小時**，電池可以充到  $1.25\text{W} \times 6\text{h} \times 80\% = 6\text{Wh}$ 。再考慮電池放電的損耗，因此實際充到的電可以提供  $6\text{Wh} \times 80\% = 4.8\text{Wh}$ （一日充滿 6 小時，實際可使用的電容量 4.8Wh）。

4.8Wh 遠大於 0.25Wh，甚至  $4.8\text{Wh} \div 0.25\text{Wh} = 19.2$ ，因此充電一次的電量可供 19.2 次使用。而我們**以此太陽能板充電，可達到環保效益**。

## 五、四代實際改良與相互比較

品項	一代基本	二代防水	三代太陽能	三代觸控	四代智能綠動
底座材質	厚紙板	密集板 + 防水漆 	密集板 + 防水漆 	密集板 + 防水漆 	密集板 + 防水漆 
掃地機收納	占空間	可分開節省空間 	可分開節省空間 	可分開節省空間 	可分開節省空間 
慣用手不同	製作時已固定	底板轉向 	底板轉向 	底板轉向 	底板轉向 
電器收納	裸露在外	放置收納盒 	放置收納盒 	放置收納盒 	放置收納盒 
畚斗更換	受限於電線	可抽取更換 	可抽取更換 	可抽取更換 	可抽取更換 
充電功能	無法充電	無法充電	太陽能充電 	需將電池拿出充電	太陽能充電 
電池種類	一次性電池	一次性電池	充電電池	充電電池 	充電電池 
收納盒攜帶	×	不需攜帶	便於攜帶 	不需攜帶	便於攜帶 
清掃模式	扳動 6P3 段開關	扳動 6P3 段開關	扳動 6P3 段開關	觸摸感測模組 	加速度感測模組 

## 六、遇到的困難與解決的方法

在實際製作各代掃地機的過程，我們遇到些許問題，團隊間會彼此討論與嘗試，試著解決問題。而在實際操作完成的掃地機時，我們更是不斷測試，發現過程中遇到的困難點，並試著查詢資料與討論解決方法。

各代掃地機	遇到的困難	解決的方法
一代基本掃地機	1.底板材質不堅固、不防水，容易變軟塌陷。 2.電子產品裸露在外，容易造成損壞。	1.使用較為堅固的密集板雷切，取代一代底板所使用的材質。 2.使用雷切密集板做盒子，以保護電子產品。 ※底板與收納盒皆塗上防水護木漆。
二代防水掃地機	1.使用的電池沒電需更換且不環保。 2.重量加重，推動時再加接觸地面產生摩擦力，會較為費力。	1.使用太陽能板及充電電池，讓曬太陽時就可充電。 2.在畚斗底下加裝用寶特瓶瓶蓋做的簡易輪子，可以省力。
三代綠能掃地機	扳動三段開關，容易搞混且需花費一點力氣。	使用有感測器地晶片控制。
三代觸控掃地機	觸摸感測模組需放置收納盒外，容易因外在因素而損壞。	使用感應四周晃動與傾斜，並可放置在收納盒內的晶片。
四代智能綠動輕掃機	清掃斜坡易感測傾斜，易切換成倒垃圾模式。	(未來探討)可試著調整程式內容

## 七、未來能探討與研究的方向

### 1.改善清掃扇葉：

- (1) 使清掃扇葉能更靈活的移動，減少清掃時的死角。
- (2) 加工清掃扇葉，使能掃起的垃圾種類變多。

### 2.改善機械結構：

- (1) 調整結構，以增加耐用度。
- (2) 縮小畚斗與地板間的縫隙，讓扁平的落葉更容易掃起。

### 3.增加清掃容量：

額外再添加盛放落葉裝置，增加畚斗一次清掃垃圾容量。

### 4.修改程式內容：

調整並測試 Arduino 程式，感測晃動與傾斜（X、Y、Z 的變化值）程度，在執行掃地模式時降低誤判切換倒垃圾模式的機率。

## 陸、結論

本研究透過自製的掃地機，結合 Arduino 程式偵測，並利用太陽能板充電。目前已確實我們製作的掃地機可達成下列研究目標：

1. 掃地機能輕鬆打掃：從改良學長姐的掃地機開始，使用 6P3 段開關控制 TT 馬達，但厚紙板的支撐性不足，容易塌陷、滑落；且厚紙板不防水，更容易變得溼軟，此外，更發現電線暴露在外，容易產生短路等風險。
2. 掃地機具防風防水：將原本的厚紙板改成用雷切密集板，除了有利於重複製作外，更是提高了支撐力，為了防水，還額外塗上防水漆。
3. 掃地機有綠能充電：為達到環保與永續能源，我們使用太陽能板供電，將電存在行動電源裡，並足以供電讓馬達驅動清掃落葉。
4. 掃地機可智能控制：在物聯網時代下，我們使用 Arduino UNO 開發板觸摸感測模組與加速度感測模組偵測動作，最後更結合綠能發電，兼具行動充電功能。

在實際至校園測試後，我們知道了除了扇葉和底板對操作效能有所影響外，地板材質與落葉在清掃下也是影響的大因素。我們製作出的第四代智能綠動輕掃機，能在校園的所有平地上清掃及傾倒垃圾，和市售的掃地機相比，製作容易且價格算便宜，所以整體的實驗是非常成功的！最後，好還要更好，我們也針對使用上的困難點，提出了未來研究改良建議。

## 柒、參考文獻資料

陳駿岳等(2022)。落葉終結者-自製掃落葉機。(全國中小學科展作品)。臺北：國立臺灣科技教育館。取自：

<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=19539&sid=19888>

張鈞宥等(2023)。黑板上的清潔工。(新竹縣科展作品)。新竹縣

(2020)。我的畚斗會掃地。(新竹市科展作品)。新竹市

泉銘(2018)。TT 馬達測試器 轉速功率轉矩。學習 ING。取自：

<https://ee543.blogspot.com/2019/12/tt.html?m=1>