

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活應用科學組(三)化工與環科

組 別：國小組

作品名稱：垃圾不留海，生物笑開懷

～利用機械原理打造水上垃圾收集船

關 鍵 詞：漂浮垃圾、減速馬達、履帶輸送

編 號：

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及器材.....	4
肆、研究過程或方法.....	6
伍、研究結果.....	21
陸、討論.....	26
柒、結論.....	28
捌、參考資料.....	29
玖、未來展望及後續處理.....	30

摘要

本研究設計並製作一艘水上垃圾收集船模型，並透過六項實驗探討不同機械結構影響垃圾收集效率的因素。實驗發現，在動力系統方面，120RPM 減速馬達兼具穩定與推進效率，最適合作為動力來源；在結構設計上，約 15 公分的輸送帶寬度可兼顧船體穩定度與收集範圍；在材料選擇上，昆蟲網具有良好的透水性與摩擦力，收集效果最佳。實驗結果發現，球形與較輕的漂浮物較容易被收集，而扁平物體較不易輸送；輸送帶傾斜角度以 15°效果最佳；V 字型導流板則能有效集中垃圾，提高進入輸送帶的機率。綜合結果顯示，本研究成功找出影響收集垃圾的模型船的重要因素，在最佳條件下，垃圾收集成功率最高可達約 76%。未來若進一步改良與放大裝置，將有機會應用於水域清理工作。

壹、研究動機

近年來，因為人類生活方便，大量使用一次性的塑膠製品，像是塑膠袋、吸管、飲料杯和保麗龍盒，使用後如果沒有好好回收，就可能隨著雨水流進河川，最後流到海洋裡，變成海面上到處漂浮的垃圾。這些垃圾不但讓海洋看起來很髒亂，也可能被魚類、海龜或海鳥誤以為是食物而吃下肚，影響牠們的健康，甚至造成死亡，還會危害航行船隻的安全。

我們在自然課中學到海洋生態的重要性，因此希望能想辦法幫助清理河川和海洋的垃圾。我們發現目前清理海洋垃圾需要花費很多人力與時間，如果能有一台利用機械原理運作的垃圾收集船，或許可以更有效率地把漂浮在水面的垃圾集中起來，載回岸上來處理。

因此，我們決定設計並製作一艘具有履帶與收集裝置的水上垃圾收集船，利用機械結構把垃圾從水面送到船上。研究過程中，我們會嘗試不同的船體造型與收集方式，透過實驗比較哪一種設計最穩定、最容易前進，也最能把垃圾收集乾淨。希望最後能做出一艘結構簡單、操作方便，又能真正幫助清理海洋的模型船，為保護環境盡一份心力。

然而，目前許多海洋垃圾清理裝置多設置於固定地點，或需要大型設備與較高成本。本研究希望設計一種結構簡單、成本較低且能在水面移動的垃圾收集船，透過輸送帶機械結構主動收集水面漂浮垃圾，並透過實驗找出最佳設計條件。



參考課程與課程相關的單元：四年級《水中世界》《電路好好玩》、四年級《生活中有趣的力》、五年級《力與運動》，六年級《簡單的機械》。

貳、研究目的

本研究結合輪軸原理、摩擦力原理與輸送帶機械結構，成功將馬達動力轉換為輸送垃圾的動力，並透過實驗找出最佳化設計條件，使漂浮垃圾能持續被收集並運送至船上。實驗並探討下面的條件：

- 一、探討不同轉速馬達對垃圾收集船推進能力的影響
- 二、探討不同船體與輸送帶寬度對船體穩定性與垃圾收集效率的影響
- 三、探討不同輸送帶材料與孔洞大小對垃圾收集效率的影響
- 四、探討不同收集口形狀對漂浮垃圾攔截率的影響
- 五、探討不同傳送帶傾斜角度對垃圾攀升效率的影響
- 六、評估本研究所設計水上垃圾收集船之整體運作效能

參、研究設備及器材

一、工具&材料：

船體	減速馬達 (16RPM 最慢、120RPM 中、240RPM 最快)、電池盒、保接線盒、輪子、保麗龍板、電池、彩色筆、保麗龍盒、寶特瓶、粗鐵絲、塑膠瓦楞板、輪子、電線、保麗龍膠、水盤、切割墊、小碟子。
履帶	細昆蟲網、止滑墊 (粗:黑色、中:淺藍色、細咖啡色的)、彩色筆、白板筆、圓形筒。
測試設備	充氣游泳池、空壓機、打氣筒、垃圾桶、塑膠桶、砝碼、電子秤、箱子、水管、電腦、假電池三段開關盒、長型水槽、社區生態池、社區噴水池。
水上漂流物	塑膠袋、樹葉、乒乓球、保麗龍球、塑膠小瓶子、粗細吸管、帆布。
其他工具	焊槍、各式螺絲起子、塑膠鑽孔機、老虎鉗、尖嘴鉗、剝線鉗、剪刀、針線、熱融膠槍、酒精燈、打火機、美工刀、鐵鎚、無鉛錫油、電線。
其他材料	砂紙、標籤紙、各種不同長短大小的吸管、木頭、夾鏈袋、塑膠片、熱融膠條、長尾夾、碼表、捲尺、束帶、有胎紋車輪、橡皮筋、T 型尺。

表 3-1

二、工具、材料圖片：





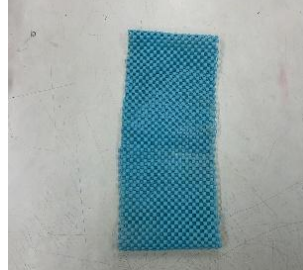










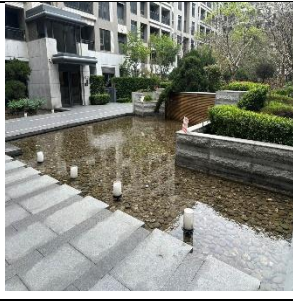
<p>微型直流電機</p>  <p>實物測量少量誤差 額定電壓：3V 空載轉速：4000rpm±10% 空載電流：≤0.03A</p> <p>型號：300 工作電壓：1.5V-5V 出軸：2.0x8mm 機身尺寸：24x12.5mm</p>	 <p>減速比 1:16</p>	 <p>減速比 1:120</p>	
圖 3-1	圖 3-2	圖 3-3	圖 3-4
			
圖 3-5 止滑墊中	圖 3-6 止滑墊粗	圖 3-7 止滑墊小	圖 3-8 昆蟲網

			
圖 3-9	圖 3-10	圖 3-11	圖 3-12
			
圖 3-13	圖 3-14	圖 3-15	圖 3-16
			
圖 3-17 熱縮套	圖 3-18	圖 3-19 小車輪	圖 3-20 輪胎皮

三、設備圖片：

			
圖 3-21 空壓機	圖 3-22	圖 3-23 剝線鉗	圖 3-24
			
圖 3-25	圖 3-26	圖 3-27 社區生態池	圖 3-28 社區水池

肆、研究過程或方法

一、參考文獻資料

(一) 海洋垃圾的現況與危害

根據 Ocean Conservancy 2020 年公布的《2020 International Coastal Cleanup Report》，2019 年於全球 116 個國家共清理 3250 萬件垃圾，重量約 940 萬公斤，其中 75% 為塑膠類垃圾。台灣於 2019 年共有 12,375 人參與淨灘，清理約 22.18 公噸垃圾，前三名分別為塑膠瓶、塑膠瓶蓋與吸管。

Greenpeace 指出，每年約有 1,270 萬噸塑膠流入海洋，九成以上海洋廢棄物為塑膠。超過 700 種海洋生物受到影響，包括海龜與鯨魚等瀕危物種。海洋垃圾已成為僅次於氣候變遷的全球環境危機。

(二) 海洋漂浮垃圾種類

1. 塑膠類（塑膠瓶、瓶蓋、吸管、塑膠袋）—數量最多，且易漂浮於水面。
2. 保麗龍碎片—體積大、易碎裂。
3. 漁具類（漁網、魚線）—容易纏繞生物。
4. 其他生活垃圾（鋁罐、玻璃瓶）。

全球水面漂浮垃圾構成表:

垃圾大類	具體垃圾種類	預估佔比 (重量/數量比)	主要來源	降解難度
硬質塑料	寶特瓶、瓶蓋、食品包裝盒、打火機	約 40% - 60%	生活廢棄物、旅遊活動	極高 (百年以上)
漁具	廢棄漁網 (Ghost Nets)、浮標、繩索	約 20% - 40%	商業捕撈、水產養殖	極高
薄膜塑料	塑膠袋、保鮮膜、包裝袋	約 10% - 15%	零售業、河川非法傾倒	中高
發泡塑料	保麗龍餐盒、電器包裝緩衝材料	約 5% - 10%	外送產業、漁業包裝	極高 (易碎裂成微塑膠)
微塑膠	小於 5mm 的碎片、塑膠微粒	數量極多 (佔比難計)	垃圾破碎、洗滌纖維	幾乎無法回收
天然漂流物	浮木、海藻、動物屍體	變動性大	自然循環	低 (生物可降解)
其他人工物	鋁罐、玻璃瓶、廢棄織物	約 5% 以下	航運、沿岸遊憩	玻璃(高) / 金屬 (中)

表4-1

(三) 國內外案例：

1. **Seabin 海洋垃圾桶**: 由澳洲衝浪者發明，利用抽水馬達產生水流，將漂浮垃圾吸入桶內濾網，再將過濾後的水排出。常設置於港口與碼頭。台灣目前使用的狀況:

台中市政府環保局積極致力於維護海洋生態保護，從106年起成立淨海聯盟，近3年環保艦隊已清除2,513公斤海漂廢棄物，今年度更創全國之先，爭取海洋保育署補助，於梧棲漁港設置2座港口海漂廢棄物清除機具「SEABIN」（又稱海洋垃圾桶），今(24)日於梧棲漁港正式啟用，不但可提高清潔速度、24小時全年無休，更不會誤傷魚群，儼然成為淨海的生力軍！

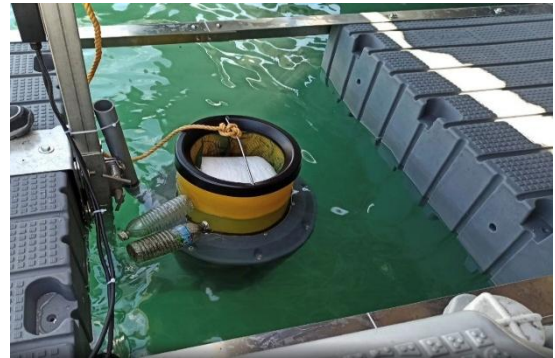


圖4-2

2. **Ocean Cleanup 海洋吸塵器**: 由荷蘭青年 Boyan Slat 提出，利用 600 公尺長漂浮柵欄與洋流移動，攔截海面塑膠垃圾，不影響浮游生物通過。

海洋吸塵器」是由荷蘭青年博揚·斯拉特（Boyan Slat）創辦的非營利組織 The Ocean Cleanup 所研發的海洋塑料清理系統。該計畫最著名的早期原型是一套長達 600 公尺的漂浮攔截裝置，旨在清理太平洋垃圾帶（Great Pacific Garbage Patch）。系統設計與運作原理
這套被暱稱為「海洋吸塵器」的裝置，正式名稱為 System 001（又名 Wilson）及改良後的 System 001/B。構造細節：系統由長達 600 公尺的高密度聚乙烯（HDPE）浮管組成，下方懸掛著一片約 3 公尺深的「裙網」。運作方式：裝置在海面上呈 U 型 漂浮，利用洋流、風力與波浪的自然動力被動地收集塑料垃圾。



圖4-3

3. **台灣案例：湛鬥機**是台灣 Azure 團隊研發之海洋垃圾移除機器人，利用沉水馬達產生水流將垃圾吸入，再以機械手臂撈起，已發展至第三代。台灣目前使用的狀況:

新船保留第三代的迷人船體設計，但內裝系統來了個華麗大升級！電機、電控、電池三大系統全面整合，電源電線好好藏起來，只讓你看到簡潔幹練的船身，不僅減少海水的侵蝕，也不用到處捆束帶。還有輸送帶一樣下足功夫，合金加強抗海水侵蝕，跟生鏽說掰掰！電控訊號更穩定，運作時的每一個動作都優雅流暢，輸送升降滑順地像跳舞一樣。！

臺灣湛藍海洋聯盟



圖4-4

(四) 現有海洋垃圾收集科展文獻整理

科展文獻	探討概念	結論
<p>第58屆作品：海洋救星—水中漂浮垃圾回收桶</p>	<p>負壓吸引：將馬達置於密封箱排出空氣與水，利用箱內壓力降低產生的吸力吸引池水。</p> <p>創新結構</p> <p>自動開關蓋：防止已收集的垃圾回流到池塘。兩段式設計：方便後續清理與垃圾回收。最佳效能參數經過測試，研究團隊找出該裝置運作效能最好的「黃金比例」：</p> <p>過濾罐直徑：11公分。吸水口深度：沉入水下0.5公分。</p> <p>該裝置在生態池實地測試成功，證實能有效且自動地收集水面漂浮垃圾，達到預期效果。</p>	 <p>不同大小的開口</p> <p>圖4-5</p>
<p>第61屆作品：海洋保衛戰—漂浮垃圾收集器</p>	<p>這份研究記錄了海洋漂浮垃圾收集器從第一代到第三代的研發演進過程，主要可以歸納為以下三個歷程：第一代浮桶式，第二代網撈式；第三代雙螺旋網撈式</p> <p>研究最後成功收集了球狀、長管狀及片狀垃圾，並得出以下關鍵發現：形狀差異：在相同邊框長度下，球狀漂浮物（乒乓球）的收集效果最好。適配性：不同形狀的垃圾，各自有其對應效果最佳的特定邊框長度。</p>	<p>雙螺旋網撈式</p>  <p>圖4-6</p>
<p>我們的研 究</p>	<p>我們希望能利用簡單的馬達動力與機械結構，設計一台「水上垃圾清理船」，讓它能夠從陸地上走向水上，在水面上行駛利用履帶機械系統，將漂浮在水面上的垃圾，收集到船上來，減少河面和水面上的垃圾。</p> <p>與第58屆科展作品「海洋救星—水中漂浮垃圾回收桶」相比，本研究採用機械輸送帶方式而非負壓吸水方式，因此在收集大型漂浮物（如保麗龍與塑膠瓶）時具有較好的效果。</p>	<p>參考台大海洋資料庫技術員研發的「海洋垃圾收集器」，是利用履帶和溝架，把漂浮的垃圾運送到垃圾儲存盒，適合用在岸邊海港。</p>  <p>圖4-7</p>

(五) 本研究所設計的水上垃圾收集船，主要運用了以下幾項科學原理：

1. 浮力原理

根據阿基米德原理，物體浸入水中時會受到向上的浮力，其大小等於物體所排開水的重量。本研究利用保麗龍作為船體材料，因為保麗龍密度較小，可提供足夠浮力，使船體能穩定漂浮於水面並承載垃圾重量。

2. 輪軸與減速馬達原理

減速馬達是一種透過齒輪組降低轉速並增加扭力的裝置。當馬達轉速降低時，輸出的力量會增加，因此可以帶動輸送帶運作並推動垃圾向上移動。本研究比較不同轉速的減速馬達，找出最適合垃圾收集船運作的動力條件。

減速馬達雖然轉速變慢，但輸出的力量（扭力）會變大，使馬達能夠推動較重的負載。它的構造可以簡單分為三層：動力源（130 馬達）：位於馬達後方的金屬外殼內。它接收直流電（3V-6V）產生高速轉動。

減速齒輪組（塑料齒輪）：黃色外殼內裝有多個齒輪。馬達軸帶動第一個小齒輪，再透過大齒輪層層傳遞。每經過一組齒輪，轉速就會變慢，但力道（扭矩）會變強。

輸出軸（白色轉軸）：齒輪箱最後一級帶動的白色軸心，用來連接車輪。

2. 結構示意圖與外觀

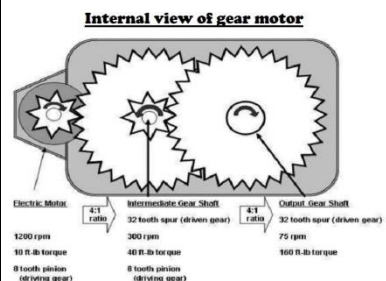


圖4-7



圖4-10



圖4-11



圖4-8



圖4-9

3. 輸送帶輸送原理

輸送帶是一種常見的連續運輸裝置，當輪軸轉動時會帶動輸送帶循環運動，使物體沿著固定方向移動。本研究利用昆蟲網作為輸送帶材料，因為其具有適當孔洞，可讓水流通過而攔截漂浮垃圾，提高收集效率。

4. 導流與集中原理

當船體前進時，水面垃圾會受到船體推動而移動。本研究設計V字型導流板，使原本分散在水面的垃圾集中至中央位置，增加垃圾進入輸送帶入口的機率，因此可以提高垃圾收集效率。

5. 摩擦力與輸送帶原理

輸送帶利用表面與垃圾之間的摩擦力，使垃圾能夠沿著輸送帶向上移動。如果輸送帶表面過於光滑，垃圾容易滑落；如果孔洞太小，則會增加水流阻力。因此必須選擇適當的材料與角度，才能兼顧輸送效率與水流通過。

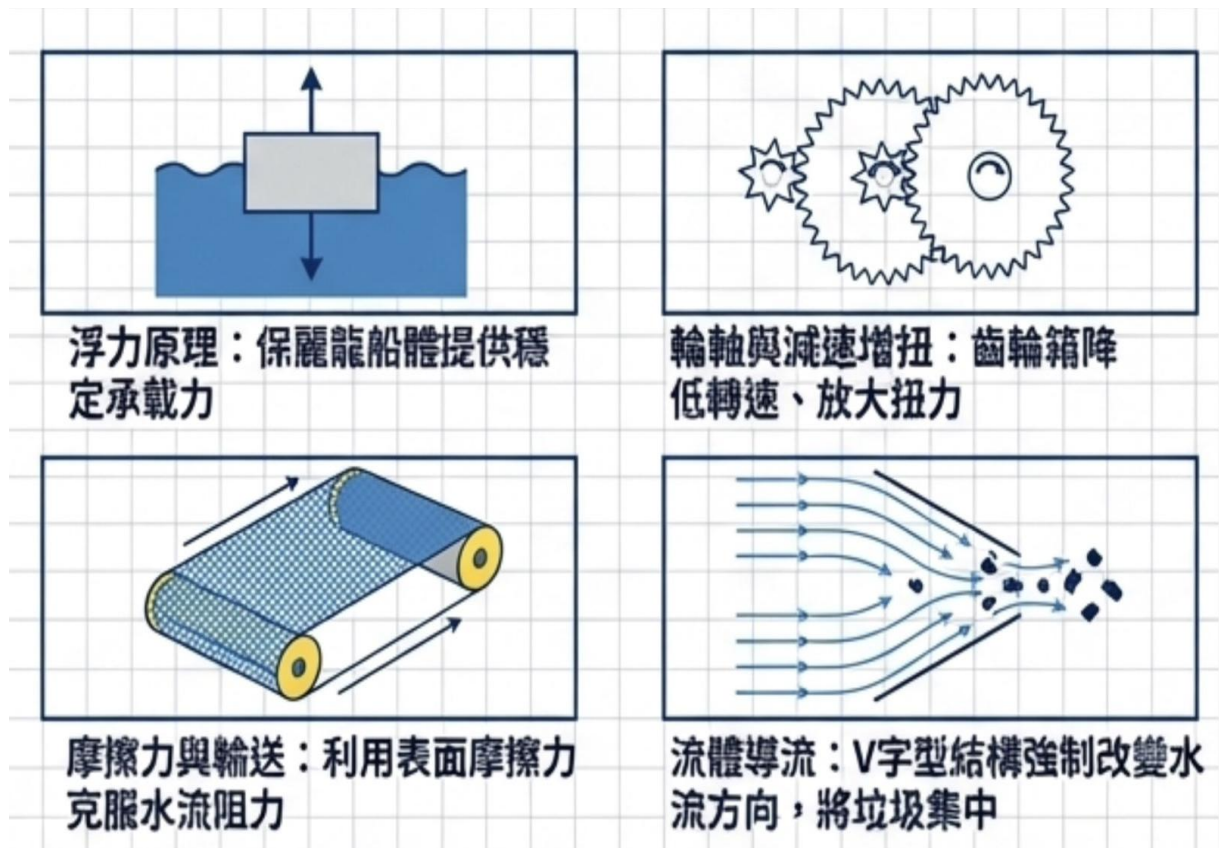
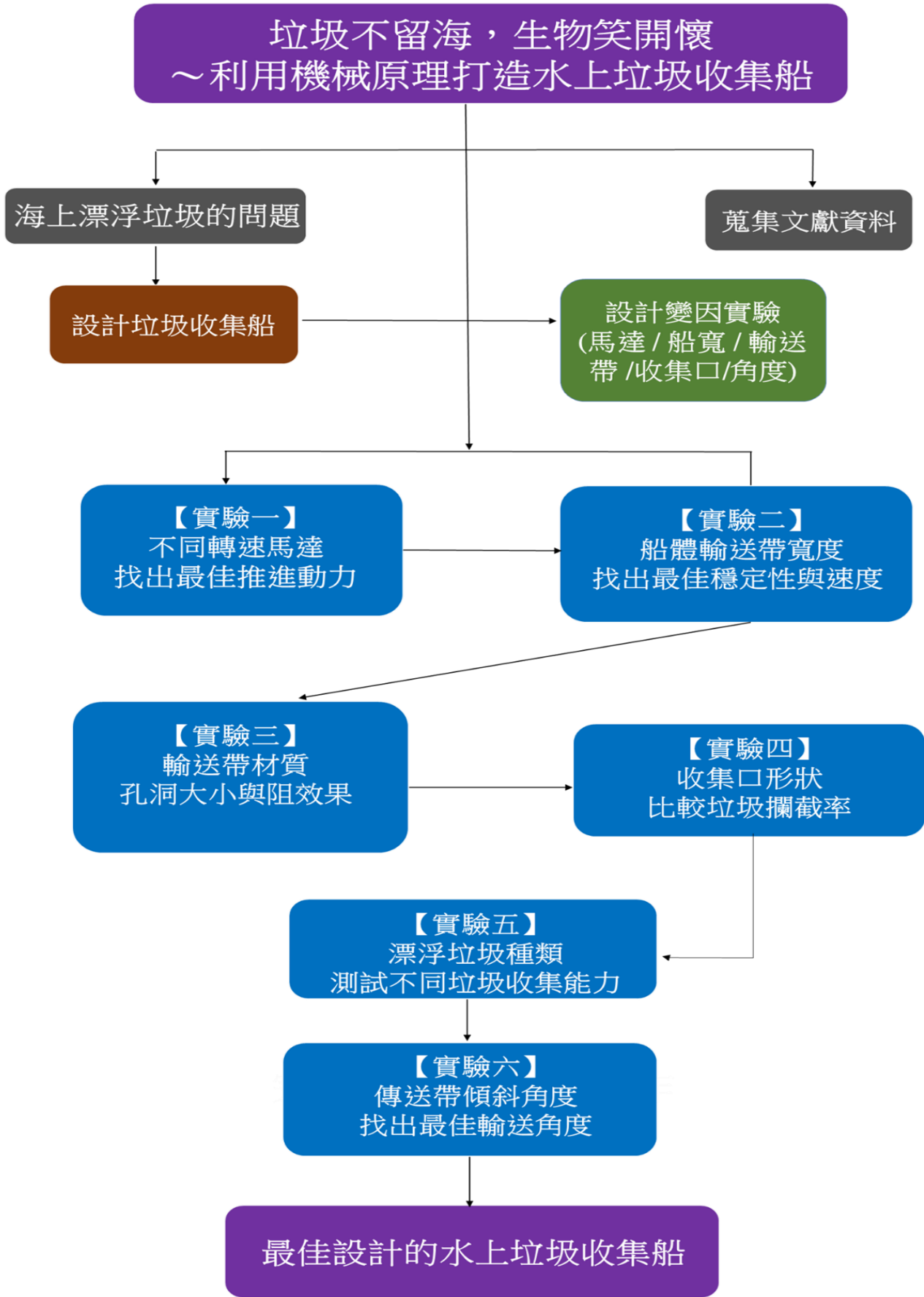


圖4-10

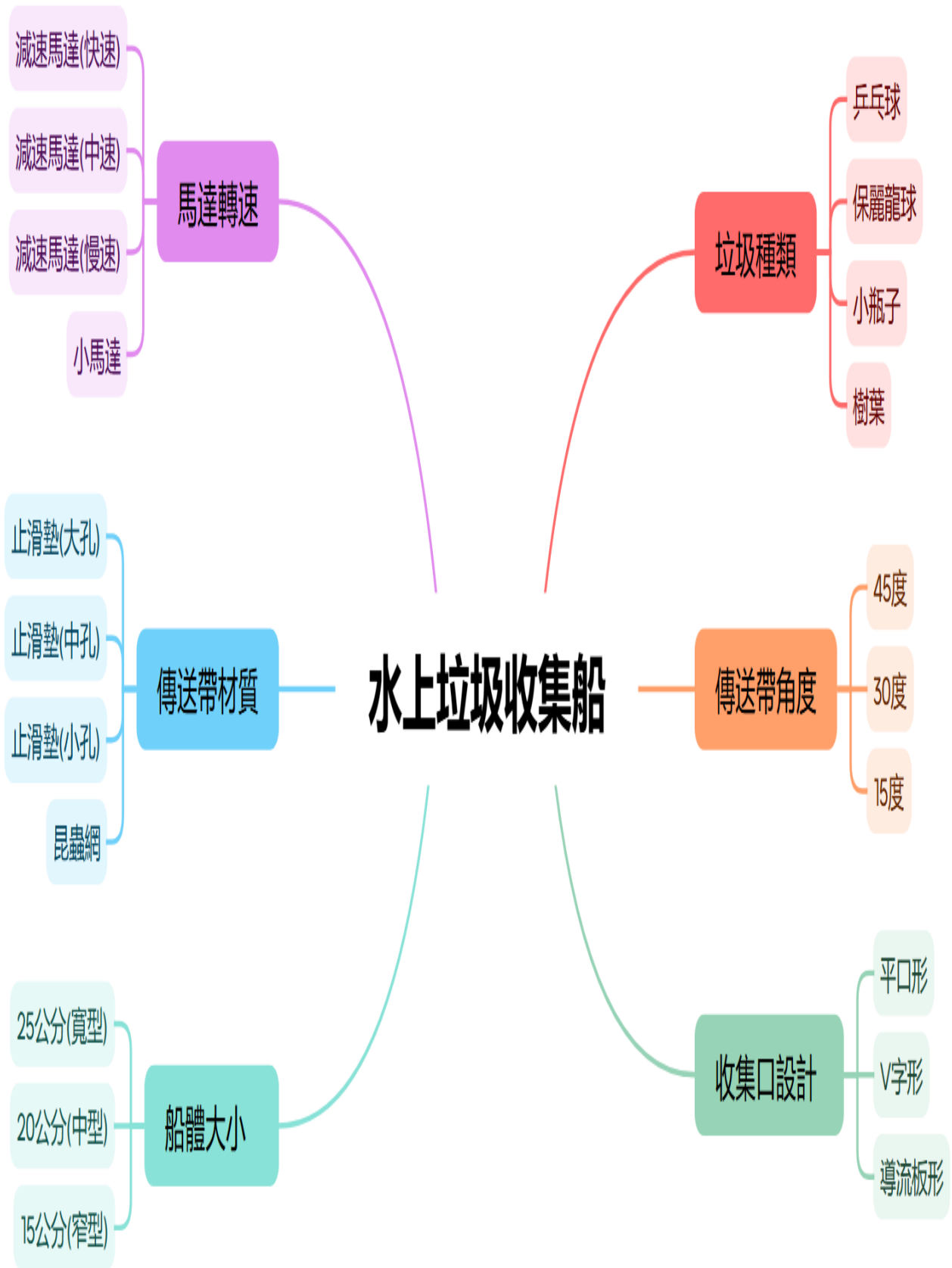
(六) 本研究內容的名詞解釋

名稱	特性	用途
降解	指複雜的有機化合物分子，在光、熱、機械力、化學試劑或微生物等外界因素作用下，結構發生變化、分子量降低，分解成較小分子或最終變成二氧化碳、水、鹽類等無害物質的過程。	塑膠脆化、環境污染物自然分解
RPM	RPM 是一個計量單位，用來衡量一個物體在一分鐘內繞著固定軸心旋轉的圈數。它反映了旋轉速度的快慢：RPM 越高，代表旋轉得越快。	一個計量單位。
親水性和阻水性	1. 親水性：會展現出對水分的吸引力。 2. 阻水性：物體表面會排斥水分。阻水性水的拒絕者。科學上常稱為「疏水性」或「撥水性」。	紙巾、棉布：水滴上去馬上擴散並吸乾。這是親水性。 蓮葉：雨水在葉片上會變成水珍珠滾動（這被稱為蓮花效應）。這就是阻水性。

二、研究流程



心智圖



(一)水上垃圾收集船之設計與發想

看見海洋污染日益嚴重，我們希望能製作一台垃圾收集船為環境盡一份力。初步參考網路教學實作後，我們發現在製作上存在限制，於是著手進行結構改良，繪製設計圖。

水上垃圾收集船製作步驟

一、製作垃圾收集船的船體: 裁切船體底板：先裁切一塊長方形的保麗龍板 30x20x2 公分收集船的底板，這個底板主要提供船體的浮力，使整個裝置能夠漂浮在水面上。製作船體浮筒：在底板固定保麗龍盤 20x5 公分，增加船體的穩定度。

二、安裝驅動馬達:在船體中間位置固定一個小型減速馬達120RPM，作為垃圾收集裝置的動力來源。在馬達兩側安裝輪軸，並利用吸管或塑膠管固定輪軸位置，讓輪軸可以順利轉動。在輪軸上固定滾輪或圓柱形裝置，當馬達轉動時，滾輪會一起旋轉，形成垃圾撈取裝置。

三、製作垃圾輸送裝置:製作垃圾撈取葉片：在滾輪上固定多片塑膠片，形成像「葉片」的結構。當滾輪轉動時，可以把水面上的垃圾往上撈起。製作輸送斜坡：在滾輪後方設置一個斜坡形的板子，使滾輪撈起來的垃圾可以順著斜坡滑到收集區。製作垃圾收集盒：在輸送裝置後方設置一個小盒子或籃子，讓撈起的垃圾可以集中存放。

四、安裝電源系統:安裝電池盒：將電池盒固定在船體上，並利用電線連接減速馬達，使電池可以提供馬達運轉所需的電力。測試馬達運轉：接上電池後，啟動馬達，觀察滾輪是否能順利旋轉，並確認垃圾撈取裝置是否能正常運作。

五、進行水面測試:將垃圾收集船放入水中測試，觀察船體是否能順利漂浮，並確認滾輪旋轉時是否可以將水面漂浮的垃圾撈起並送到收集盒中。如果出現問題，再進行調整與改良。

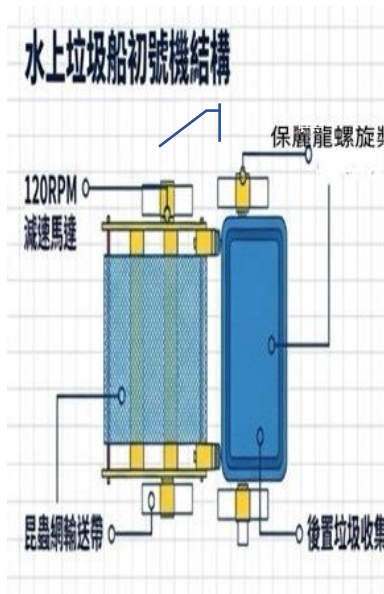


圖 4-2-8 設計圖



圖 4-2-8 船體 30 公分

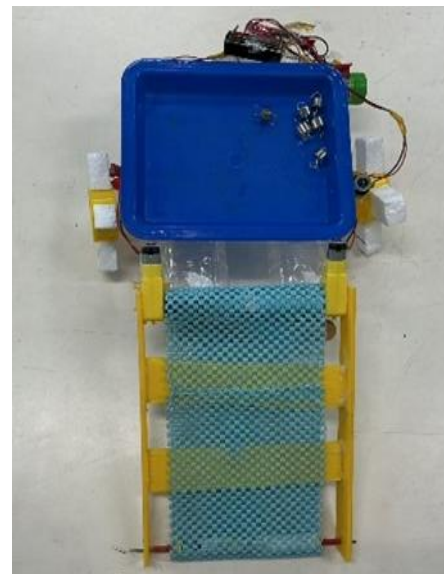


圖 4-2-9 船體 15 公分

水陸兩用垃圾收集船製作步驟

一、製作垃圾收集船的船體

1. 裁切船體底板：先裁切一塊 20 × 20 × 2 公分的保麗龍板作為船體底板。在底板中央挖出一個 10 × 2 公分的長方形孔洞，用來安裝減速馬達。
2. 安裝後輪與驅動馬達：在底板後方約 2 公分處挖出一條橫向凹槽，放入 120 RPM 減速馬達。在馬達兩側黏貼吸管，作為車軸的固定管道，然後將兩支車軸穿過吸管並連接到馬達上，最後在兩端裝上輪子。後輪會由減速馬達帶動旋轉，並透過履帶帶動前輪，使車體可以前進。
3. 安裝前輪結構：在車體前方安裝一支 約 25 公分長的车軸，車軸兩端裝上輪子，並利用吸管固定。完成後接上電池電源，測試車體是否可以順利移動。
4. 安裝履帶系統：在前後輪外側裝上履帶，使後輪轉動時能帶動前輪一起轉動，增加車體在陸地上的行走能力，也能提升在水中的穩定度。另外使用中空輪子，可增加浮力，使船體更能漂浮在水面上。

二、製作垃圾輸送帶裝置

5. 安裝前端輸送馬達：在車體前方底部左右兩側 約 5 公分處，挖出兩個 5 × 10 公分的凹槽，並固定兩個 120 RPM 減速馬達，作為垃圾輸送帶的動力來源。
6. 製作輸送滾軸：將兩支彩色筆兩端挖洞，作為輸送帶的滾軸，並固定在兩個減速馬達之間。再裁切 2 × 10 公分的止滑墊，黏貼在彩色筆外側，增加摩擦力，使輸送帶運轉時不會打滑。
7. 製作輸送帶結構：裁切兩條 2 × 20 公分的瓦楞板，以及一條 15 × 2 公分的瓦楞板。20 公分瓦楞板：作為輸送帶兩側的支架。15公分瓦楞板：作為橫向固定條
將這些瓦楞板黏貼固定後，形成輸送帶的基本框架。
8. 固定輸送帶裝置：在輸送帶底部挖兩個小孔，將鐵絲穿過瓦楞板中間，固定在彩色筆滾軸上。當尾端的減速馬達啟動時，會帶動彩色筆滾軸旋轉，並讓整個輸送帶開始運轉，將水面垃圾往上輸送。

三、完成整體組裝

9. 整理電線與安裝電池：將所有馬達的電線整理好並固定在車體上，再將電池盒安裝在船體適當的位置，完成電路連接。
10. 製作垃圾收集區：在輸送帶後方設置一個收集盒，把輸送帶撈起的垃圾可以集中存放。
11. 在車體上方加裝簡單的駕駛台或裝飾結構，讓模型船外觀更完整。
12. 進行測試：最後將垃圾收集船放在陸地與水面上測試，確認車體能在陸地上前進；船體能浮在水面；輸送帶可以將水面垃圾送到收集盒中，如果發現問題，再進行改良與調整。

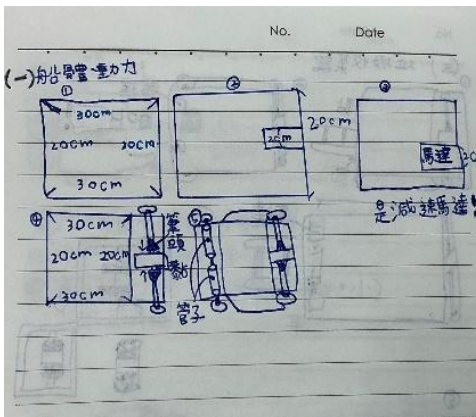


圖 4-1 船體設計圖

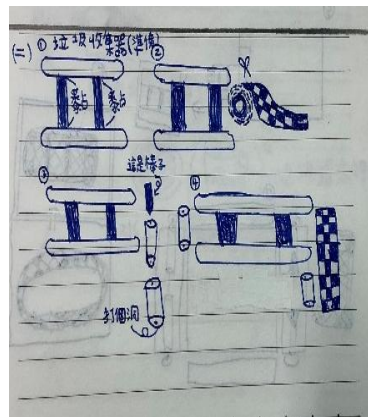


圖 4-2 傳送帶設計圖

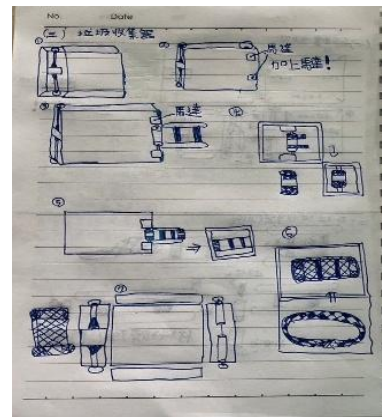


圖 4-3 船體加上傳送帶圖



圖 4-4



圖 4-5

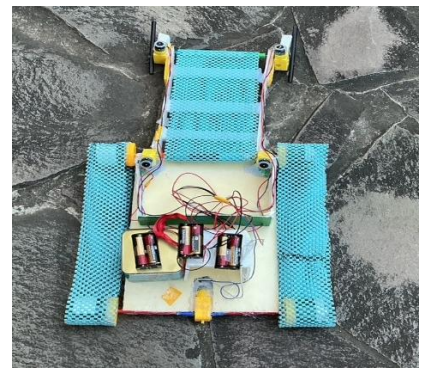


圖 4-6 船體 20 公分

【實驗一】不同轉速馬達對船隻推進性能之影響

實驗目的:探討動力源差異，比較微型直流馬達與三種不同減速馬達在水中的速度。

尋找最佳配置：透過實際測試，找出最適合帶動垃圾收集裝置船身的馬達型號。

實驗變因

操作變因：微型直流馬達（4000RPM馬達）、減速馬達（16 RPM、120 RPM、240 RPM）。

控制變因：固定電壓3V、自製船體、自製螺旋槳、碼表、捲尺、長型水槽。

應變變因：行駛時間(秒)。

實驗步驟

- 1.使用切割好四個相同大小的船型保麗龍板並挖洞放置馬達，將馬達置中，用熱溶膠黏上。
- 2.兩邊使用五公分的輪子，黏上3個1x1x1公分的保麗龍，當作螺旋槳。
- 3.在保麗龍板的後面中間挖一條小的溝槽，將兩段吸管分別黏在船體的後方，兩端分別放入3公分乘以2mm的鐵棒，並插入兩端的螺旋槳上。
- 4.確認船型空轉的速度。
- 5.放入2公尺的長型水槽中，將船隻置於起點線，記錄船隻行駛2公尺所需的時間，每種馬達重複測試7次，取7次平均值以減少誤差。



圖 4-1-1



圖 4-1-2



圖 4-1-3

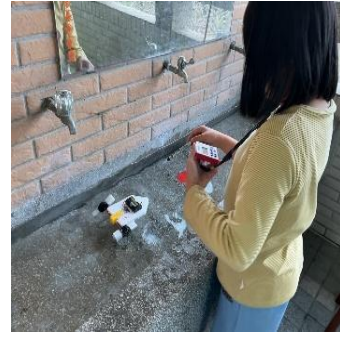


圖 4-1-4

船體荷重測試:

實驗步驟:

- 1.在保麗龍船上分別放上60g、80g、100g、120g、140g的砝碼。
- 2.放入2公尺的長型水槽中，將船隻置於起點線，記錄船隻行駛2公尺所需的時間。

【實驗二】探討不同船體與輸送帶寬度對船體穩定性與垃圾收集效率的影響

實驗目的：找出船體的輸送帶寬度對穩定收集垃圾之間的關係，並確認寬度是否會因水阻增加而影響收集效率

實驗變因

操作變因：輸送帶寬度10cm、15cm、25cm

控制變因：馬達電壓、乒乓球30顆、收集口形狀、游泳池、時間一分鐘、傾斜角度30度。

應變變因：乒乓球收集數量。

實驗步驟:

- 1.製作三種10cm、15cm、25cm不同寬度的船的輸送帶架構。
- 2.在船上裝上電源，啟動電源。
- 3.觀察記錄行駛過程中1分鐘內的收集之乒乓球數量。



圖 4-2-1 輸送帶寬度 10cm



圖 4-2-2 輸送帶寬度 15cm



圖 4-2-12 輸送帶寬度 25cm

【實驗三】不同輸送帶材料與孔洞大小對垃圾收集效率的影響

實驗目的：測試不同密度的材質和網袋孔大小，在確保垃圾進到輸送帶並帶上船的前提下，哪一種阻力最小，能讓水順利流過而不影響前進。

操作變因：昆蟲網、止滑墊孔洞小、止滑墊孔洞中、止滑墊孔大。

控制變因：馬達電壓、船速、收集口形狀、網袋長度、乒乓球30顆、實驗游泳池、時間。

應變變因：乒乓球數量。

實驗步驟：

- 1.裁切輸送台相同大小的昆蟲網、止滑墊大、中、小，用線縫起來，防止脫落。
- 2.在輸送架上更換四種不同的輸送帶材質，進行實驗。
- 3.啟動收集船，以相同速度、相同的時間行駛通過乒乓球垃圾區。
- 4.記錄並計算每次實驗中，進入收集盒的垃圾數量。
- 5.每種馬達重複測試7次，去掉最高和最低值，取5次平均值以減少誤差。

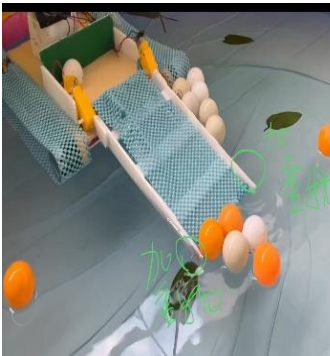


圖 4-3-1 止滑墊孔洞中



圖 4-3-2 昆蟲網



圖 4-3-3 止滑墊孔大

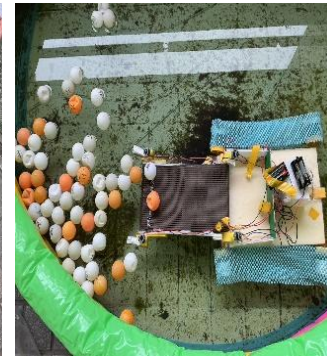


圖 4-3-4 止滑墊孔小

【實驗四】不同收集口形狀對漂浮垃圾攔截率的影響

實驗目的：探討平口型、V字型及導流板型三種設計，哪一種能涵蓋最廣的清掃範圍並順利將垃圾引導至收集盒。

操作變因：平口型、V字型、裝導流板型。

控制變因：馬達電壓、船隻行駛速度、乒乓球30顆、垃圾擺放位置、實驗游泳池。

應變變因：乒乓球數量。

實驗步驟：

- 1.在實驗游泳池起始點等距擺放30顆乒乓球。
- 2.更換三種不同的收集口模組，進行實驗。
- 3.啟動清理船，以相同速度、相同的時間行駛通過垃圾區。
- 4.記錄並計算每次實驗中，進入收集盒的垃圾數量。
- 5.每種模組重複測試7次，去掉最高和最低，取5次平均值
- 6.記錄收集之乒乓球數量。

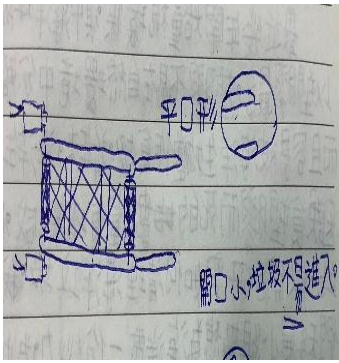


圖 4-4-1 平口型設計圖

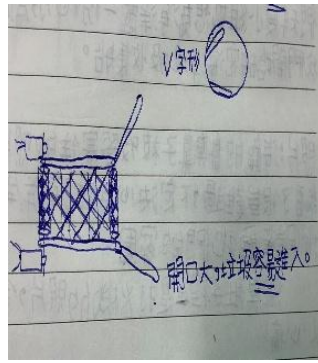


圖 4-4-2 V 字型設計圖

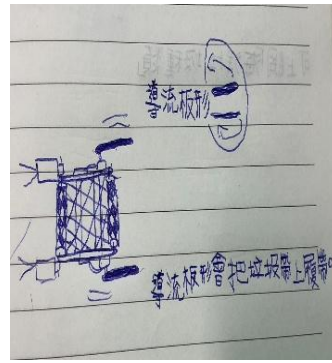


圖 4-4-3 導流板設計圖



圖 4-4-4 裝導流板



圖 4-4-5 平口型



圖 4-4-6 平口型

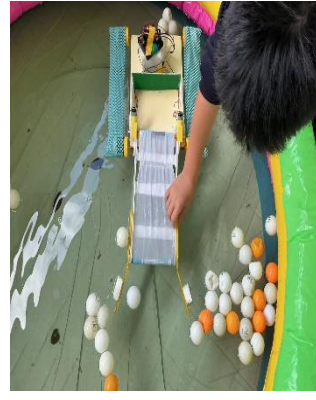
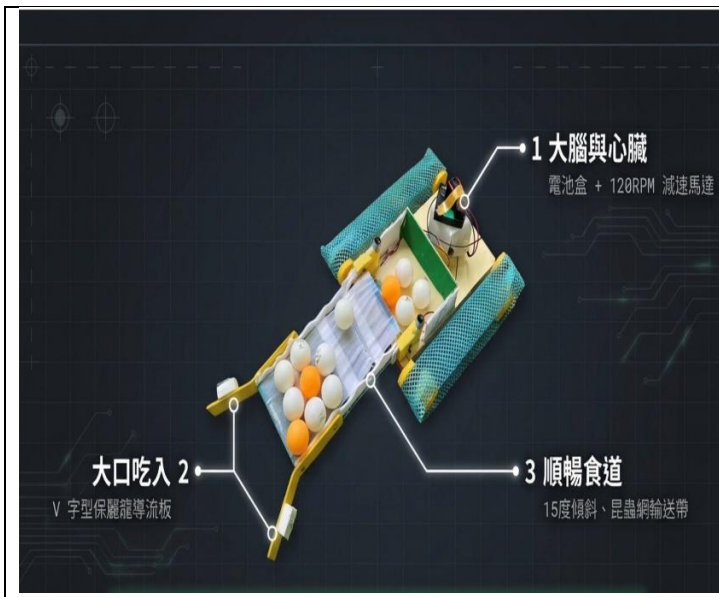


圖 4-4-7 V 字型



圖 4-4-8 導流板型



V 字型導流原理:

當船體前進時，V 字型導流板會將分散在水面上的垃圾集中至中央，使垃圾更容易進入輸送帶，提高收集效率。

【實驗五】：船體輸送帶對不同種類垃圾的收集能力測試

實驗目的：測試船體輸送帶對不同種類垃圾的收集能力，對於垃圾的可收集性。

實驗變因

操作變因：樹葉、乒乓球、小塑膠瓶、保麗龍球。

控制變因：馬達電壓、同一船體結構、固定行駛路徑、水流環境、時間一分鐘。

應變變因：收集四種漂浮的垃圾數量。

實驗步驟：

- 1.分別放置乒乓球、樹葉、小塑膠瓶、保麗龍球於游泳池水面上，分組進行測試。
- 2.再用啟動收集船進去收集這些垃圾。
- 3.觀察不同材質的特性。
- 4.觀察四種漂浮的垃圾是否能順利被傳送帶的摩擦力帶起。
- 5.分別記錄從垃圾接觸傳送帶到船上1分鐘可以收集之數量。
- 6.每種重複測試7次，去掉最高和最低，取5次平均值。



圖 4-5-1 樹葉



圖 4-5-2 乒乓球



圖 4-5-3 保麗龍球

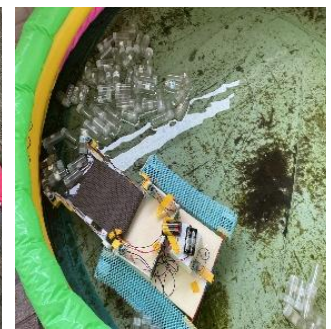


圖 4-5-4 小塑膠瓶

【實驗六】探討不同傳送帶傾斜角度對垃圾攀升效率的影響

實驗目的：探討傳送帶在不同傾斜角度15度、30度、45度下，對於不同重量與形狀的垃圾，哪一種角度能最順暢地將其送入垃圾收集船，並減少垃圾倒滑或卡住的情況。

實驗變因

操作變因：傳送帶在不同傾斜角度15度、30度、45度。

控制變因：馬達電壓、傳送帶材質、乒乓球、實驗游泳池、時間一分鐘。

應變變因：乒乓球數量。

實驗步驟：

- 1.分別在輸送架上方裝上昆蟲網的傳送帶
- 2.調整原本垃圾收集船15度，再利用保麗龍加高如圖4-6-1輸送帶傾斜角成角度30度、45度，分別進行實驗。
- 3.確保傳送帶末端浸入水面下的深度在每次實驗中保持一致。
- 4.將乒乓球放置於傳送帶入口處，啟動馬達。

- 5.觀察乒乓球是否能順利被傳送帶的摩擦力帶起。
- 6.記錄從接觸傳送帶到船上1分鐘可以收集之乒乓球數量。
- 7.每種角度重複測試7次，去掉最高和最低，取5次平均值。



圖 4-6-1 保麗龍加高



圖 4-6-2



圖 4-6-3

伍、研究結果

一、 本研究透過六項實驗，逐步測試水上垃圾收集船各項設計條件，找出較適合的機械結構與操作方式。研究結果如下：

【實驗一】探討不同轉速馬達對對船隻推進性能之影響

在比較直流馬達與三種不同減速馬達在水中的速度，得出以下的數據。

實驗測試數據

馬達(次數/時間(秒))	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
微型直流小馬達	7	8	7	9	8	7.8
減速馬達1:16	23	25	24	24	24	24
減速馬達1:120	14	14	14	14	14	14
減速馬達1:240	11	12	13	14	14	12.8

表 5-1

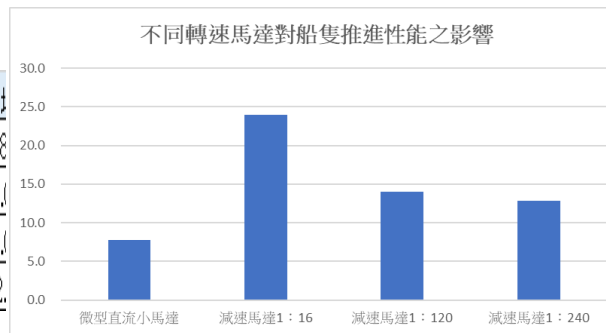


圖 5-1

實驗測試數據

馬達/重量(時間(秒))	60g	80g	100g	120g	140g
微型直流小馬達	18	18	19	0	0
減速馬達1:16	33	33	34	38	40
減速馬達1:120	14	19	21	24	27
減速馬達1:240	23	25	20	24	24

表 5-2

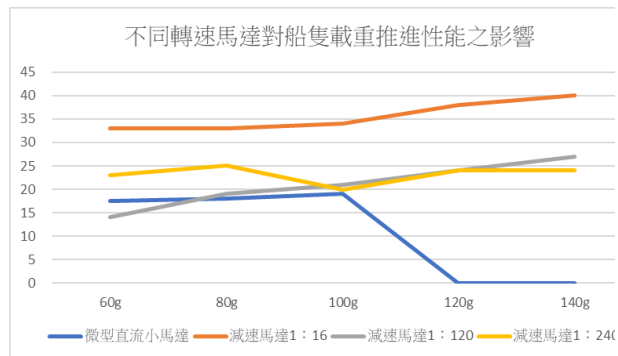


圖 5-2

實驗結果顯示：

在比較微型直流馬達與三種不同減速比馬達的實驗中發現如圖5-2，雖然微型直流馬達轉速很快，但在水中行駛時平均7.8秒速度較慢和載重超過100g時轉不動，有可能在遇到垃圾重量較重時較容易空轉、停滯不前。減速馬達則具有較大的扭力，可以穩定帶動船隻前進。減速馬達16RPM花費24秒，轉速太慢；120和240RPM的減速馬達在速度與力量之間取得較好的平衡，不但能穩定推動船隻前進且荷重佳。因此在後續實驗中，主要採用120RPM的減速馬達作為動力來源。

【實驗二】探討不同船體與傳送帶寬度對船體穩定性與垃圾收集效率的影響

找出船體的傳送帶寬度對穩定收集垃圾之間的關係，並確認寬度是否會因水阻增加而影響收集效率。得出以下的數據。

實驗測試數據

船體寬度	傳送帶寬度/次數/球數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
15公分	10CM	2	4	3	5	4	3.6
20公分	15CM	5	7	7	6	5	6.0
30公分	25CM	6	5	5	8	3	5.4

表 5-3

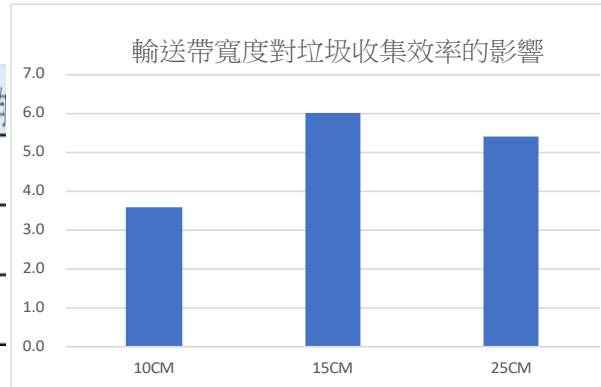


圖 5-3

在不同船體寬度與傳送帶 10cm、15cm、25cm 的比較中發現，船體越寬傳送帶乒乓球收集量較多。實驗結果顯示：船體的傳送帶 10cm 太小，不容易收集到球；15cm、25cm 傳送帶穩定性良好，操控性較佳，收集乒乓球量較多為 6 和 5.4 個。綜合比較後，15cm 船體寬度在穩定性與效率之間表現最佳，因此被選為本研究模型船的主要實驗用模型船。

【實驗三】探討不同傳送帶材料與孔洞大小對垃圾收集效率的影響

測試不同密度的材質和網袋大小，在確保垃圾進到傳送帶並帶上船的前提下，哪一種阻力最小，能讓水順利流過而不影響前進。得出以下的數據。

實驗測試數據:

材質孔洞大小	次數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
昆蟲網	32	29	45	46	24	35.2	
中孔止滑墊	15	17	26	27	17	20.4	
小孔止滑墊	2	1	2	0	2	1.4	
粗止滑墊	2	3	2	1	3	2.2	

表 5-4

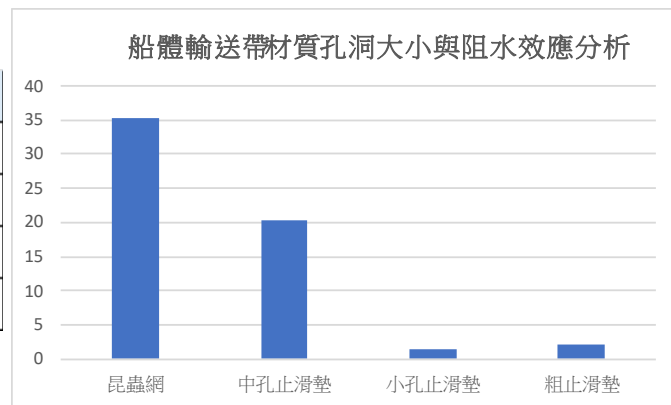


圖 5-4

實驗結果顯示，昆蟲網與三種不同孔洞大小的止滑墊作為傳送帶材料，測試其在昆蟲網收集乒乓球數為 35.2 個；中等孔洞乒乓球數 20.4 個；大且粗的止滑墊收集乒乓球數為 2.2 個。

【實驗四】探討不同收集口形狀對漂浮垃圾攔截率的影響

在船體平口型、V字型及導流板型三種設計，哪一種能涵蓋最廣的清掃範圍並順利將乒乓球引導至收集盒。得出以下的數據。

實驗測試數據

收集口次數/球數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
平口型	5	10	7	6	7	7.0
v字型	12	14	12	11	15	12.8
導流板型	6	10	7	6	11	8.0

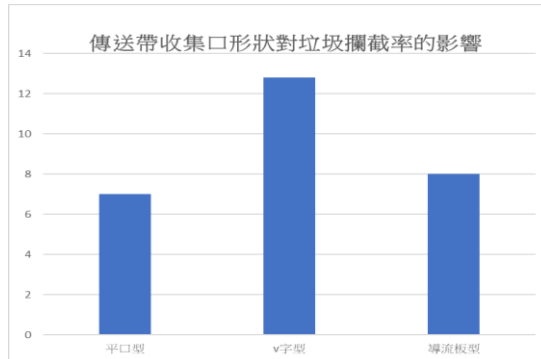


表 5-5

圖 5-5

本實驗比較三種不同收集口設計：平口型、V 字型與導流板型，對垃圾攔截率的影響。結果發現：平口型收集範圍較小，部分垃圾會從側邊漂走。V 字型能將垃圾集中到中央，提高收集效率。導流板型：能將垃圾引導進入輸送帶，效果應該要最好，可能設計的效果不如所預期的好。所以以 V 字型收集口在攔截垃圾方面表現最好，能提高整體垃圾收集效率。

【實驗五】船體輸送帶對不同種類垃圾的收集能力測試

當測試船體輸送帶對不同種類垃圾的收集能力，得出以下的數據。

實驗測試數據

種類/次數/垃圾數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
乒乓球	21	23	26	27	28	25
樹葉	9	11	13	11	13	11
小塑膠瓶	21	16	25	19	30	22
保麗龍球	21	36	34	33	40	33

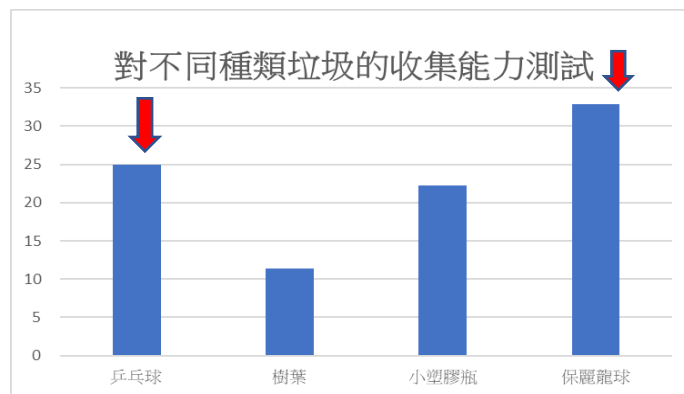


表 5-6

圖 5-6

研究中使用四種不同類型的漂浮垃圾進行測試。結果顯示：乒乓球與保麗龍球，最容易被輸送帶收集平均收集量為 25 和 33 個。小塑膠瓶平均收集 22 個；樹葉容易貼在收集口邊緣，有時會影響輸送帶運作。整體而言，漂浮垃圾對本研究設計的垃圾收集船能收集效率為保麗龍球>乒乓球>小塑膠瓶>樹葉。

【實驗六】探討不同傳送帶傾斜角度對垃圾攀升效率的影響

探討傳送帶在不同傾斜角度15度、30度、45度下，對於不同重量與形狀的垃圾，哪一種角度能最順暢地將其送入垃圾收集船，並減少垃圾倒滑或卡住的情況。

得出以下的數據。實驗測試數據

乒乓球						
角度/次數/球數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
15度	21	23	26	27	28	25
30度	5	7	6	5	4	5
45度	0	0	0	0	0	0

表 5-7

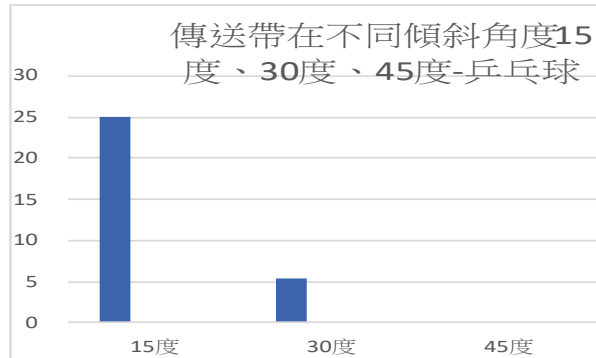


圖 5-7

實驗測試數據

樹葉						
角度/次數/樹葉數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
15度	9	11	13	11	13	11
30度	21	28	16	28	19	22
45度	19	15	7	11	14	13

表 5-8

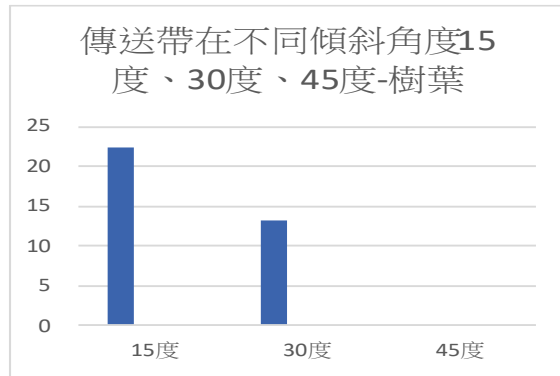


圖 5-8

實驗測試數據

小塑膠瓶						
角度/次數/瓶數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
15度	21	16	25	19	30	22
30度	12	3	5	12	12	9
45度	1	0	0	0	0	0

表 5-9

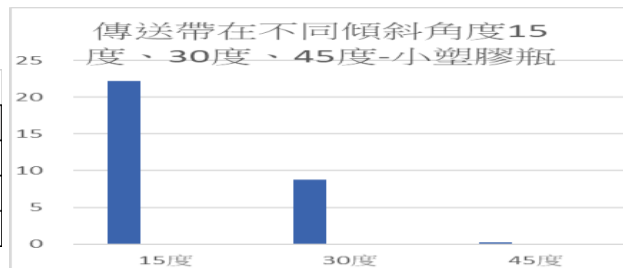


圖 5-9

實驗測試數據:

保麗龍球						
角度/次數/球數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
15度	21	36	34	33	40	33
30度	17	12	11	11	11	12
45度	0	0	0	0	0	0

表 5-10

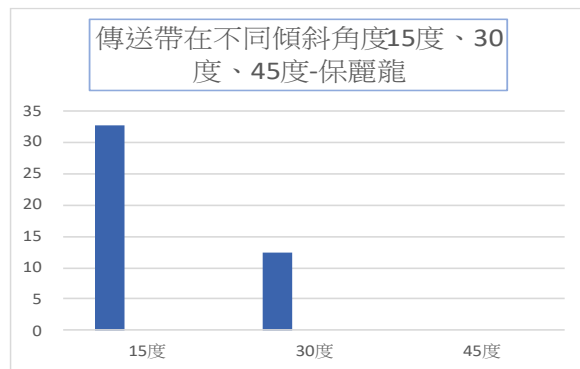


圖 5-10

實驗測試數據:

角度/次數/球數	15度	30度	45度
乒乓球	25	5	0
樹葉	11	22	13
小塑膠瓶	22	9	0
保麗龍球	33	12	0
平均	22.75	12	3.25

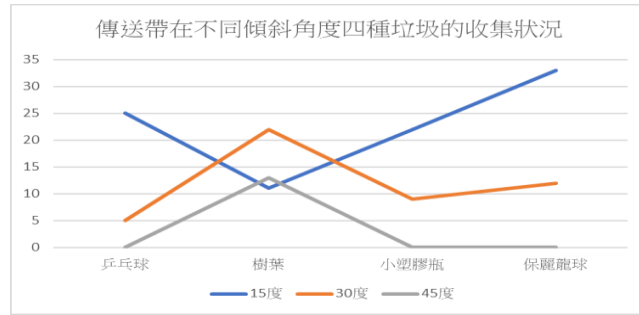


表 5-11

圖 5-11

在比較 15°、30°、45°三種傳送帶傾斜角度時發現：傾斜角度 15°坡度較緩，垃圾能順利上升，輸送效率較佳，平均球數 22.75 顆；傾斜角度 30°輸送效率較佳，平均球數 12 顆上升順暢且。45°坡度較陡，部分垃圾容易滑落 3.25 顆。實驗結果顯示，在不同種的垃圾測試下，15°較適合使用在輸送帶的設計，較能兼顧所有垃圾的輸送效率。

二、 評估本研究所設計水上垃圾收集船之整體運作效能

(一)水陸垃圾收集船戶外實際測試得出以下的結果:

- 1.在外面實驗的時候最好選擇沒有風的日子。有風對於馬達動力不是很強的模型船，容易被吹走。
- 2.導流板型的減速馬達，因重量比較重，容易卡住，讓垃圾船卡住無法前進。
- 3.在陸地上行駛時，原本用塑膠瓶製作的滾輪容易打滑，必須更換為摩擦力較強且帶有胎紋的輪胎，效果較佳，止滑墊鏈條會跑掉，可能是因為太緊，要調整鬆一點，輪子會歪掉也可能是走得不順的問題。

(二)水上垃圾收船傳改良

- 1.當初因為方便，沒有顧慮到船體的平衡，電池稍微偏左放，調正之後，將電池改為體積較小的9V電池，比較不會影響船體的重量。



圖 5-12



圖 5-13

陸、討論

一、各項實驗的討論:

1. 在本研究過程中，透過多次實驗與改良，逐漸找出適合水上垃圾收集船的設計方式。

馬達類型	轉速(RPM)	平均時間(秒)	平均速度(m/s)	穩定性評分(1-5)	綜合評價
微型直流馬達	約 4000	7.8	3.9 m/s	1	速度快但非常不穩定
減速馬達	16	24.0	12.0 m/s	3	速度過慢
減速馬達	120	14.0	7.0 m/s	5	穩定性最佳
減速馬達	240	12.8	6.4 m/s	4	速度尚可

表6-1

馬達類型/載重 140g	轉速(RPM)	載重 140g 時間(秒)	平均速度(m/s)	綜合評價
微型直流馬達	約 4000	0	0.0%	不能超過 100g
減速馬達	16	40	20.0%	承重佳
減速馬達	120	27	13.5%	承重佳
減速馬達	240	24	12.0%	承重佳

表6-2

首先，如上表6-1在動力系統方面，我們發現轉速過高的微型馬達雖然速度快，但非常不穩定，並且在放置越多砝碼載重量高時，容易空轉。但在水中容易失去動力，有可能載不動垃圾；減速裝置的馬達16RPM，承重佳但速度過慢，垃圾會掉落；相較之下，具有減速馬達裝置的120和240 RPM，雖然速度較微型直流馬達慢，但因為扭力較大，承重佳如表6-2，可以更穩定地載重和帶動船隻與輸送帶運作。

2. 其次，由於船體與輸送帶寬度同時改變，因此本研究以「輸送帶寬度」作為主要比較條件。在船體輸送帶寬度設計方面，會影響浮力與穩定性。如果輸送帶寬度太窄，船隻容易晃動；但如果太寬，又會增加水的阻力，降低前進速度。本研究發現15cm輸送帶中等寬度的船體收集成功效率20%如表6-3較佳。

船體寬度	輸送帶寬度	平均收集量(顆/30 顆)	收集成功率
15 公分	10CM	3.6	12%
20 公分	15CM	6	20%
30 公分	25CM	5.4	18%

表6-3

3. 在垃圾收集系統方面，輸送帶的材質與孔洞大小會影響水流通過的情形。如果孔洞太小，水流阻力會增加；如果太大，垃圾可能掉落。經過比較後，我們選擇昆蟲網材料，因為孔洞適中，水流阻力小，成功率59%為最佳方案如下表6-4。

輸送帶材料	平均收集量(60 顆)	收集成功率
昆蟲網	35.2	59%
小孔止滑墊	1.4	2%
中孔止滑墊	20.4	34%
大孔止滑墊	2.2	4%

表6-4

4. 使用四種不同類型的漂浮垃圾進行測試。結果顯示：乒乓球與保麗龍球收集率88%和92%，最容易被輸送；塑膠瓶要較寬的開口才能較方便收集；樹葉容易沾黏在收集口邊緣，有時會影響輸送帶運作。整體而言，本研究設計的垃圾收集船能收集較多數漂浮垃圾，收集成功率如表6-5保麗龍球55%>乒乓球42%>小塑膠瓶37%>樹葉19%；尤其對於球形或輕量垃圾的收集效果最好。

垃圾種類	總乒乓球數	收集	收集成功率
乒乓球	60	25	42%
樹葉	60	11	19%
小塑膠瓶	60	22	37%
保麗龍球	60	33	55%

表6-5

5. 此外，傳送帶角度與收集口形狀也會影響垃圾收集效率。適當的傾斜角度可以讓垃圾順利被輸送到船上，而V字型收集口能有效集中垃圾，攔截率為43%如表6-6。

收集口設計	平均收集量(顆/30 顆)	收集成功率
平口型	7	23%
V 字型	12.8	43%
導流板型	8	27%

表6-6

6. 在比較15°、30°、45°三種傳送帶傾斜角度時，發現傾斜角度15°坡度比較低時，垃圾比較能順利上升，輸送效率較佳，成功率傾斜角度15°輸送效率76%>傾斜角度30°輸送效率40%>坡度較陡45°輸送效率只有11%。船體的輸送帶傾斜角度較小，收集的球速越多，效率雖然越高，但是船體跟輸送帶佔的面積也比較大。

傾斜角度	四種垃圾平均收集量(30 顆)	成功率
15°	22.8	76%
30°	12	40%
45°	3.25	11%

表6-7

整體而言，本研究顯示透過簡單的機械結構與電動馬達，也能設計出具有垃圾收集功能的水上裝置。因為大部分的材料都是利用現有的教具、回收資源的材料拼湊而成，有很多的功能還沒有非常的完善，可能一方面使用的材料比較簡陋，加上我們的手法不夠純熟，還有很多的改善空間。雖然目前仍是模型，但未來若能放大並改良，可能在港口、池塘或河道中發揮實際作用。

柒、結論

本研究透過設計與實驗製作水上垃圾收集船模型，並透過六項實驗系統性探討影響垃圾收集效率的主要因素。根據研究結果，可得到以下結論：

1. 在動力系統方面，減速馬達能提供較大的扭力，使船體在水中行駛更穩定。其中 120RPM 與 240RPM 的減速馬達在速度與扭力之間取得較佳平衡，但 120RPM 在穩定性與推進效率方面表現最佳，因此最適合作為本研究垃圾收集船的主要動力來源。
2. 在船體與輸送帶結構方面，船體寬度與輸送帶寬度會同時影響船體穩定性與垃圾收集範圍。實驗結果顯示，輸送帶寬度約 15 公分時能兼顧船體穩定與收集效率，使垃圾較容易進入輸送系統。
3. 在輸送帶材料方面，材料的孔洞大小會影響水流通過與垃圾攔截效果。比較昆蟲網與不同孔洞止滑墊後發現，昆蟲網具有較佳透水性與摩擦力，能有效攔截並輸送垃圾，整體收集成功率最高。
4. 在垃圾種類測試中，球形或較輕的漂浮物如本實驗的乒乓球與保麗龍球最容易被輸送帶帶起並收集；而扁平且較薄的物體如樹葉比較容易貼附在收集口邊緣，較不容易順利輸送。
5. 在輸送帶傾斜角度方面，角度會影響垃圾的攀升能力。實驗結果顯示，當輸送帶傾斜角度為 15° 時，垃圾最容易被順利輸送至收集盒，整體收集效率最高。
6. 在收集口設計方面，V 字型導流板能將分散於水面的垃圾集中至中央位置，使垃圾更容易進入輸送帶入口，因此在三種設計中具有最佳的垃圾攔截效果。

綜合以上研究結果，本研究成功設計並製作出一艘具有垃圾收集功能的水上模型船，並找出影響垃圾收集效率的重要因素。研究結果顯示，即使利用簡單的機械結構與電動馬達，也能有效收集水面漂浮垃圾。未來若能進一步改良裝置結構、提升動力系統並使用更耐用的材料，將有機會應用於港口、河道或生態池等水域環境，對減少水域污染與保護生態具有實際價值。

捌、參考資料

1. 中華民國第 58 屆國小組生應（二）第一名海洋救星－水中漂浮垃圾回收桶
2026 年 3 月 1 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-082928.pdf>
2. 中華民國第 61 屆國小組生應（二）海洋保衛戰－漂浮垃圾收集器
2026 年 3 月 1 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-082909.pdf?0.6244679891970009>
3. Ocean Conservancy（2020）。International Coastal Cleanup Report 2020。
全球 116 個國家參與海岸清理活動，共清理約 3250 萬件垃圾。
2026 年 3 月 1 日，取自：<https://seatrees.org/>
4. Greenpeace（2019）。海洋垃圾全球現況報告。研究指出每年約有 1270 萬噸塑膠流入海洋，超過 700 種海洋生物受到影響。2026 年 3 月 1 日，取自：Wikipedia（2024）。Marine Conservation Movement（海洋保育運動）。研究指出海洋垃圾會造成多種海洋生物誤食或纏繞而死亡。
5. How to make a Boat - Water Cleaning Boat - Water Cleaning Machine
2026 年 3 月 1 日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=SoGnRqtH0ig>
6. Remote Control River Cleaning Boat|| Best Science Working Project|| River Cleaner Robot|| Robot #diy2026 年 3 月 1 日，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=z7T9rzwoCHo>

玖、未來展望及後續處理

本研究成功設計並製作出一艘能夠在水面上行駛並收集漂浮垃圾的模型船，證明利用簡單的機械結構與馬達，也能有效收集水面垃圾。然而，目前的裝置仍屬於小型實驗模型，在實際應用上仍有許多可以改進的地方。

未來如果能夠進一步改良，本裝置可以朝幾個方向發展。首先，可以增加太陽能板或電池系統，使垃圾收集船能長時間在水面運作，提高清理效率。其次，可以加入自動導航或遙控系統，使船隻能在港口、河道或生態池中自動巡航收集垃圾。此外，也可以設計更大的垃圾收集箱與更耐用的材料，讓設備能長時間在戶外環境中使用。更進一步的，若能結合感測器或影像辨識技術，讓垃圾收集船能自動辨識漂浮垃圾位置，將可進一步提升清理效率。

期待未來能將這項設計放大並應用在港口、漁港或河川中，能有機會協助減少漂浮垃圾，降低海洋污染問題，並為保護海洋生態盡一份心力。