

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第一名

探究精神獎

082802

子子辮辮~智能水溝清理機

學校名稱：臺中市豐原區翁子國民小學

作者： 小六 張余阡 小六 林虹妤 小五 陳巧軒 小六 張芹蜜 小四 劉玟璇 小四 劉峻易	指導老師： 楊宗榮 羅淵學
---	-----------------------------

關鍵詞：水溝清理、Brain Go、子子

得獎感言

孑孓孑孓~智能水溝清理機 翁子科小孩研究趣

天氣炎熱的時候，學校裡到處都是蚊子，尤其是廁所裡更是蚊子的聚集地。同學們雙腳被叮成紅豆冰，讓人感到很不舒服，還有可能被傳播疾病。但是學校裡沒有積水容器，同時也遇到旱季，令人想不透這些蚊子到底從哪來的？

我們先從校園的水溝開始調查，這才發現旱季蚊子出現的原因，居然是洗手台的排水所造成，但是怎麼捕捉是個大難題，許多水溝居然封住，只有入水孔，或是水溝蓋根本打不開，大大增加實驗的難度。所以我們設計挖水的工具，用 3D 列印製成挖取鍊條，無奈 PLA 材質容易受潮，印製過程一直斷線，只好請老師重新採購一批線材。水溝內千奇百怪、彎彎曲曲，是我們最熟悉也最陌生的場域，車輪卡在汙泥內動彈不得，只能用雷切機重新設計棘狀車輪，不僅如此，我們分配工作，每個人每條水溝去撈孑孓，觀察牠們的習性，從而制定機器人撈取孑孓的機制。

在水溝內不只卡過 1 次，遇到問題就立即討論，思索解決方法，加了導輪，再搭配 BRAIN GO 程式設計，讓機器人可以避障，不會掉進陰井內，智能晶片也因為碰到水，燒掉 2 片，再加裝防水盒避免損毀。整個研究過程充滿艱難，還好我們科小孩都能找到方法應對，對我們而言，這次的作品不是終點，還是有許多問題，但是我們已經在這段期間做到我們能做的一切，雖然不滿意，卻是我們心血的結晶。小組成員們屬於越挫越勇那一型，雖然沒有前路可循，但是用傻勁硬生生研究出一條曲折的水溝機器人之路。

全國賽的規則為了配合疫情進行調整，感謝臺中市忠孝國小貼心提供電競耳機和設備，讓我們順利完賽。全國視訊評審採用 TEAMS 進行，我們不太習慣，擔心比賽現場會有突發狀況，所以賽前兩週，我們到校分教室進行視訊模擬，果然出現許多連線及操作的問題，找出對策後，大家才能在全國複審中有正常的表現。

做完實驗後，我學到齒輪比越大，拉力也就越大，也讓我更了解孑孓的習性，也發現了以前沒注意到的水溝，讓我更了解學校水溝的分布。剛比完的時候，我覺得我們表現得還不錯，沒想到最後竟然得到第一名!!! 確認過好幾次，自己竟然不是在作夢，而是真的！我當下簡直不敢相信，淚水也很不爭氣的奪眶而出，一想到我們的努力沒有白費，我就忍不住哭了出來。最後我想謝謝我們的指導老師，謝謝一起努力的隊友們，也謝謝一直陪伴著我們的家人、朋友，翁子科小孩是最棒的。



照片 1 翁子國小參賽師生



照片 2 機器人到水溝清理並捉子子



照片 3 製作水溝清理機器人

摘要

水溝清理機器人加裝導輪後約為 29.5 公分。清理模組採用「撈取式」來設計卡榫式鍊條、帶動棘輪和挖取鍊條，配合 1:6 的減速齒輪，能增加扭力。傾斜角 60 度搭配 5 個挖取鍊條，有最佳的撈取效果。車架採用三角形結構，車輪改成「棘狀後輪」，馬達加裝 1:10 的減速齒輪，穩定性高，能在泥濘的地面前進。採用 NCUE BRAIN GO 智能模組連接前後兩個超音波感測器，可判斷陰井位置，自主在兩個陰井間來回清理。前進動態為前進 4 秒倒退 2 秒，能有效脫離汙泥障礙。一邊前進一邊捕撈有最佳的捕捉子子效果，如果放置定點，捕捉效果較差。

壹、研究動機

天氣炎熱的時候，學校裡到處都是蚊子，尤其是廁所裡更是蚊子的聚集地。同學們雙腳被叮成紅豆冰，讓人感到很不舒服，還有可能被傳播疾病。但是學校裡沒有積水容器，令人想不透這些蚊子到底從哪來的？有次撿球的時候，赫然發現水溝裡有好多子子，原來蚊子的幼蟲就是來自這裡，落葉和泥土讓水溝水無法排掉，成為子子孳生的天堂，但是有些水溝蓋很難打開，有些甚至完全被水泥封住，留下通氣口，根本沒辦法清理。為了消滅子子，解決惱人的蚊子問題，我們想要製作一台機器人，可以到水溝內去清理汙水並捕捉子子，讓學弟妹的美腿不再被蚊子叮成紅豆冰。

貳、研究目的

- 一、調查校園水溝的分布、尺寸及有子子的地點。
- 二、了解子子的生活習性。
- 三、製作能撈起汙泥及汙水的「鏈條清理模組」。
- 四、製作能在泥濘汙水及狹窄水溝中行進的「車輛模組」。
- 五、用智能晶片及感測器整合「鏈條清理模組」及「車輛模組」製作水溝清理機器人。
- 六、水溝清理機器人能實際在水溝裡自主清理汙泥並捕捉子子。

參、研究問題

- 一、校園內水溝的大小一樣嗎？那些水溝裡容易有子子呢？
- 二、如何設計「汙泥清理模組」呢？
- 三、不同的「傾斜角」會影響汙泥清理的效率嗎？
- 四、不同的「齒輪比」會影響汙泥清理的效率嗎？
- 五、不同的「挖取鍊條」數量會影響汙水清理的效率嗎？
- 六、哪一種「車輛模組」能在崎嶇的地面上行進呢？
- 七、不同的「導輪設計」會影響「車輛模組」轉彎的角度嗎？
- 八、不同的齒輪比會影響「車輛模組」的拉力嗎？
- 九、如何撰寫 scratch 程式控制機器人自主清理及避免掉進陰井呢？
- 十、水溝清理機如何在水溝中運作呢？
- 十一、水溝清理機捕捉子子的效率好不好？

肆、研究設備及器材

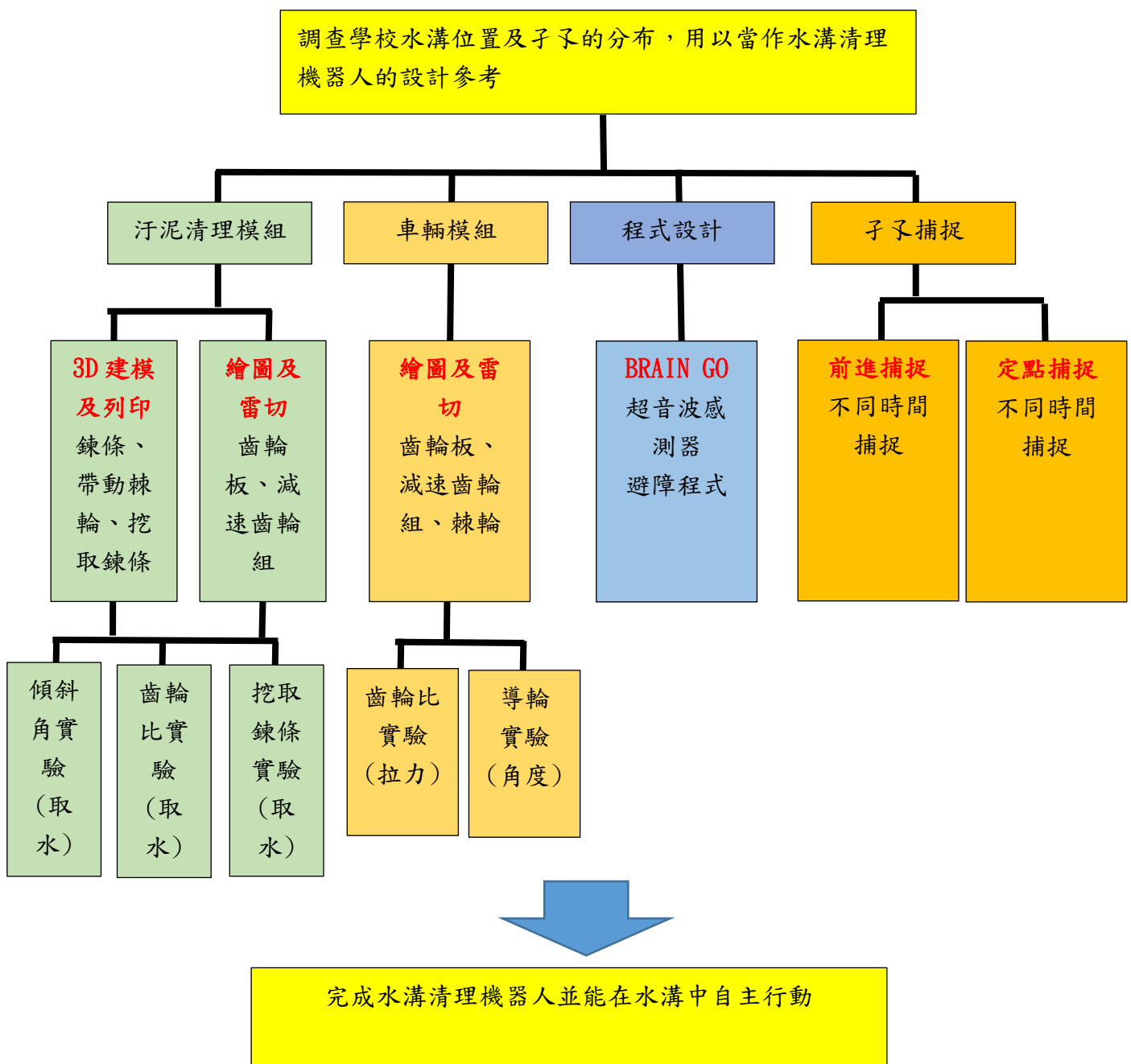
- 一、切割器：木條、美工刀片。
- 二、工具：3D 列印機、雷射切割機、電動起子、熱熔膠槍、手機顯微鏡。
- 三、汙泥清理機：智高積木、木板(3mm 及 5mm)、螺絲、軸承(指尖陀螺)。
- 四、智能模組：brain go、行動電源、超音波感測器、TT 馬達。
- 五、軟體：123D design、Inkscape、mBlock。



圖 1.雷射切割機

伍、研究方法與結果








水溝清理機器人~研究流程



【實驗一】：校園內水溝的大小一樣嗎?那些水溝裡容易有孑孓呢?

(一)研究步驟

1. 觀察並測量校園中的水溝尺寸，繪製校園水溝分布圖。
2. 在有水的水溝內每隔 30 公尺採集 200ml 的表層水(水面下 3 公分)及底層水，陰井則採表層、中層(水面下 20cm)及底層水。計算孑孓的數量。分析水溝底層物質。

			
1.水溝蓋很難打開	2.測量水溝的長寬深	3.製作撈取杯	4.撈不同深度的水
			
5.計算孑孓數量	6.用滴管吸取孑孓來計算	7.用手機顯微鏡觀察孑孓	8.測量水深

(二)研究結果

1. 學校的水溝分成 6 個系統：①日式建築北面水溝、②操場內溝及外溝、③樂學樓南面水溝、④南棟水溝、⑤德富館周邊水溝、⑥幼兒園北面水溝。水溝長寬深測量記錄如下表 1。
2. 查詢文獻，樂學樓捕捉的孑孓具有胸毛，應是埃及斑蚊，屬於病媒蚊(圖 5)。
3. 因為只有樂學樓南面水溝及陰井均有水，故以這個水溝來調查孑孓的數量，紀錄如下表 2。

表 1.學校水溝測量記錄表(單位：公分)

水溝系統	長度	寬度	深度	水溝水深	陰井寬*深	陰井水深	水溝蓋種類
日式建築北面水溝	4580	12.5	12	0	無	無	完全無蓋
操場內溝	20080	30	33	0	60*90	20	陰井加蓋 水溝用水泥封住
操場外溝	27300	29	44	0	60*50	19	陰井加蓋 水溝用水泥封住
樂學樓南面水溝	14400	30.5	58	8	56*81.5	31	全數加鐵網蓋
南棟水溝	3090	40	14	0	無	無	完全無蓋
德富館周邊水溝	4210	21	42	0	無	無	完全無蓋
幼兒園北面水溝	1830	31	42	0	56*81.5	25	陰井加蓋 水溝用水泥封住



圖 2.水溝陰井 圖 3.陰井內多為腐爛的落葉 圖 4.乾水溝 圖 5.濕水溝
(德富館) (樂學樓)

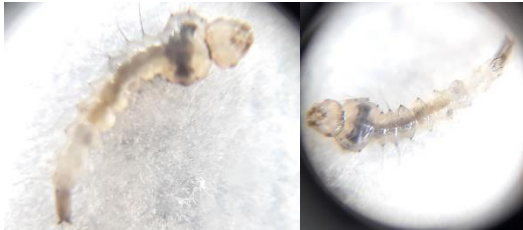


圖 6.埃及斑蚊的子子(有胸毛)

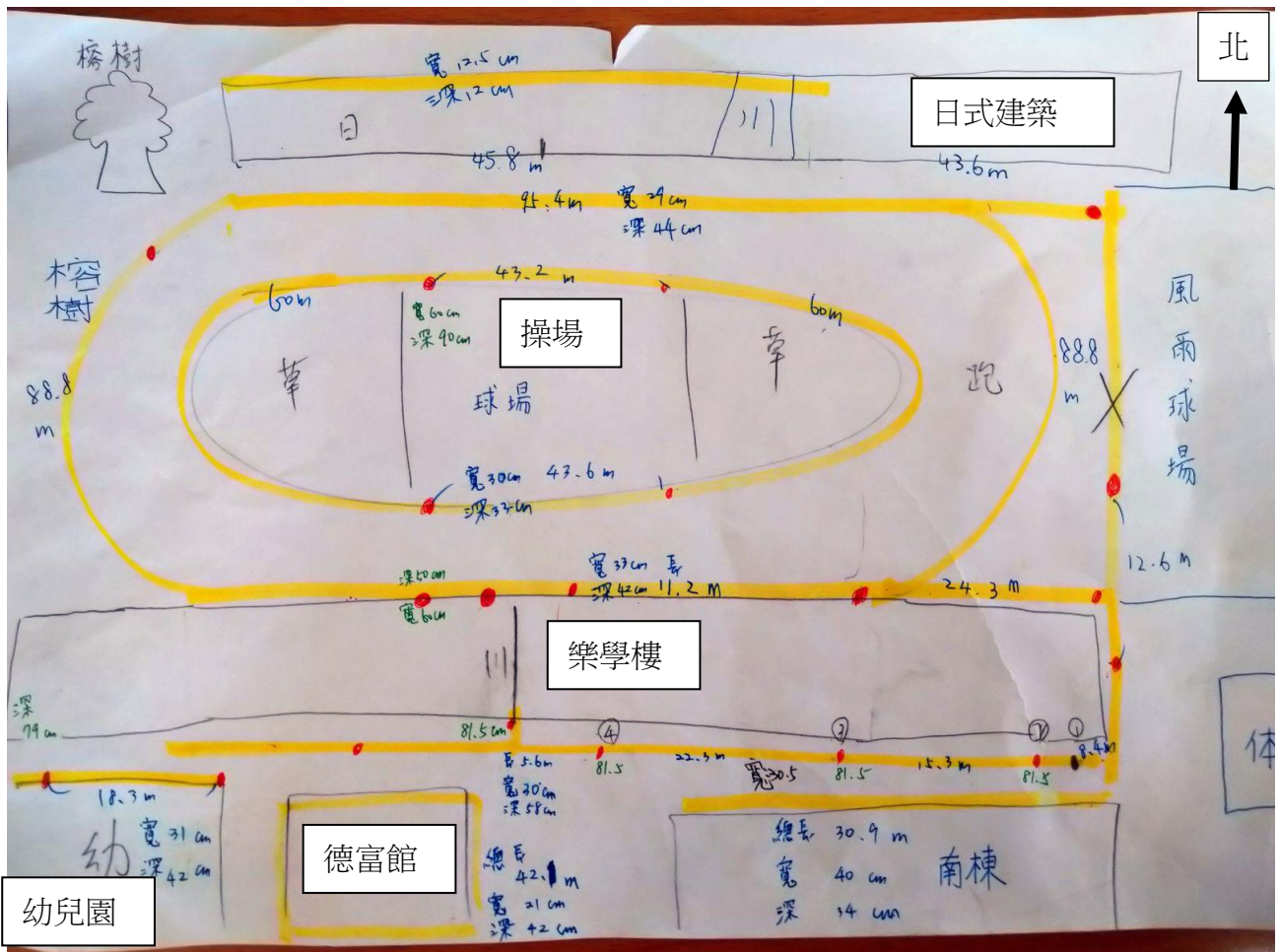


圖 7.學校水溝測量圖(紅點為陰井的位置)

表 2.樂學樓南面水溝孑子調查表(單位：隻)

樣點	水溝 a	水溝 b	水溝 c	水溝 d	陰井 a	陰井 b	平均
表層(距水面 3cm)	4	7	0	6	3	3	3.8
中層(距水面 20cm)					2	6	4
底層	16	14	3	14	30	26	17.2

【說明】

1. 從表 2 可知，水溝內的孑子大多喜歡棲息在**水溝底層**。
2. 樂學樓南面水溝的孑子最多，水溝寬度為 30.5 公分，所以機器人的寬度必須小於 **30.5 公分**。

【實驗二】：如何設計「**汙泥清理模組**」呢？

(一)研究步驟

1. 收集相關資料並分析。
2. 參考自走車的**履帶設計**，運用 123 Design 設計鍊條及帶動齒輪，組裝在 TT 馬達上，測試運轉情形。
3. 運用 123 Design 設計**鍊條挖槽**，測試運轉情形。連接馬達，並用藍色結合鍵模擬水，進行挖取測試。

(二)研究結果

1. 根據搜尋結果，沒有特別針對狹窄水溝製作的水溝清理機器人，只有針對大型水道的重型機器。大概可以分成兩類：挖取式及抽取式。

 <p>德國黑科技逆天啦！原來水溝是這樣清理的 00:55 2006/02/13 上传者: C1-Jenny</p>	 <p>街面上的廢尿車中，源路清潔/清潔冷業</p>	 <p>20150926 雙橋球水溝堵塞 即日即進行清理</p>
https://www.chinatimes.com/m/tube/20160115002057-261410?chdtv	https://www.youtube.com/watch?v=qKBdHY_UTME	https://www.youtube.com/watch?v=VGs_0m8QNns
<p>德國清淤車，利用網槽勾起大型雜物，限用露天水道。屬於挖取式。</p>	<p>臺灣清淤車，利用強力抽水系統，將汙泥及汙水吸入集水槽，可用在加蓋式水溝。屬於抽取式。</p>	<p>怪手，挖通汙泥或雜物，限用露天水道。屬於挖取式。</p>

2. 依照學校加蓋式水溝的特點，應採用抽取式為佳，但是需要強力的吸水馬達，及足夠的水深才能發揮作用。所以我們決定採用**挖取式**並用**鍊條**的方式將汙泥帶到集水盒。
3. 自走車的鍊條採用卡榫相互連接，中間的菱形孔可對應到**帶動齒輪**的菱形凸起，帶動齒輪為八角柱體。設計長 94mm 寬 94mm 高 100mm 的中空帶動齒輪，方形凸起對應到鍊條上的正方形，兩側盒蓋可方便安裝。



圖 8.自走車的履帶和齒輪

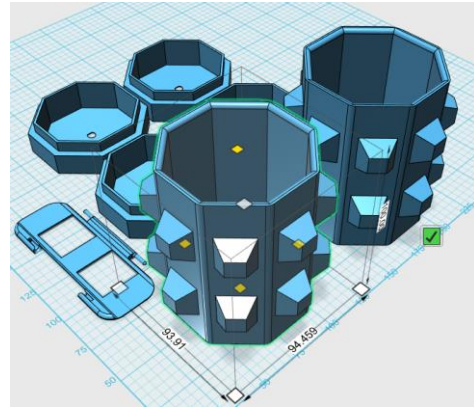


圖 9.高 10cm 帶動齒輪與兩側盒蓋和鍊條



圖 10.鍊條可用卡榫相互連接

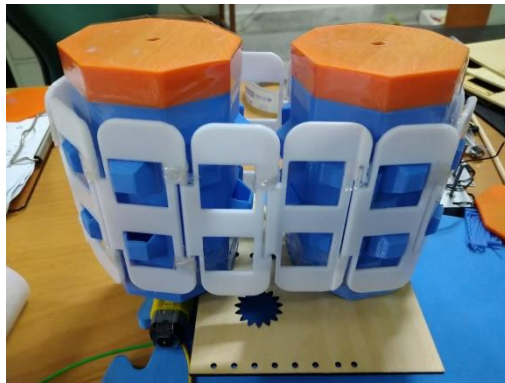


圖 11.鍊條連接帶動齒輪後可順利轉動

4. 參考怪手的造型設計**挖取鍊條**，連接其他鍊條後可順利轉動。
5. 連接馬達、鍊條、挖取鍊條、帶動齒輪、木板架製作**挖取模擬機**，但是轉動速度過快，許多結合鍵都撒出收集槽外。如下表。

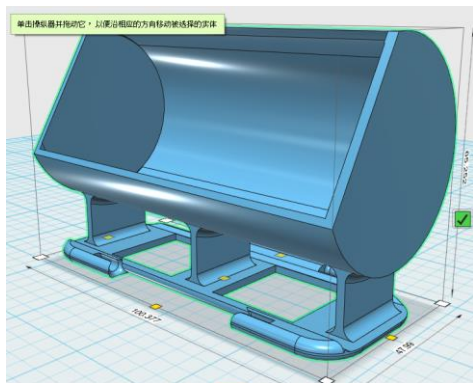


圖 12.挖取鍊條的 3D 圖

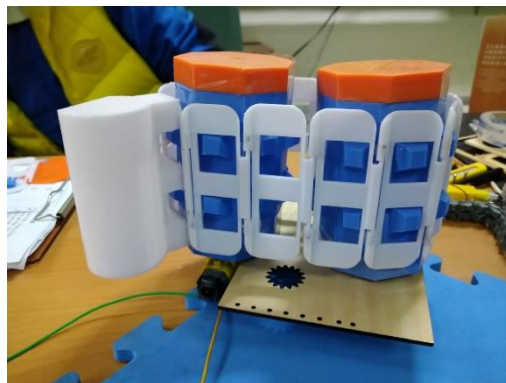


圖 13.連接挖取鍊條後可順利轉動

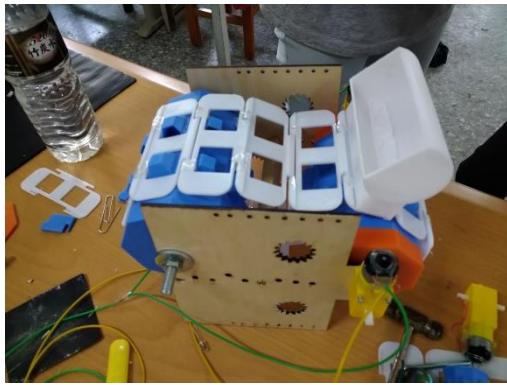


圖 14.挖取鍊條連接馬達成**清理模組**



圖 15.實際挖取藍色結合鍵



圖 16.實際挖取藍色結合鍵連續圖

【實驗三】：不同的傾斜角會影響汙泥清理的效率嗎??

(一)研究步驟

1. 以兩個帶動齒輪的軸心連線，與地面的夾角稱為「**傾斜角**」。
2. 設定下齒輪的軸心與模擬水槽的高度為 12cm，在「模擬水槽」中倒入 300 顆藍色結合鍵代表汙泥。後方放置「收集水槽」。
3. 分別改變傾斜角為 50 度、55 度、60 度、70 度，利用 3.7V 行動電源當作動力，機器運轉 30 秒，計算掉入模擬水槽及掉出去的結合鍵數量。

<p>1. 下齒輪的軸心距離水槽底部 12cm</p>		<p>2. 傾斜角 50 度</p>	<p>3. 傾斜角 60 度</p>

(二)研究結果

表 3.不同傾斜角挖取效率紀錄表(單位：顆)

水槽內/總挖取 傾斜角度	第一次	第二次	第三次	平均挖取	平均效率
50 度	64/151	70/162	61/154	65/124	52.1%
55 度	72/190	46/158	47/129	55/159	34.6%
60 度	174/344	165/290	193/315	177/316	56%
70 度	119/195	91/179	80/163	96/179	54%

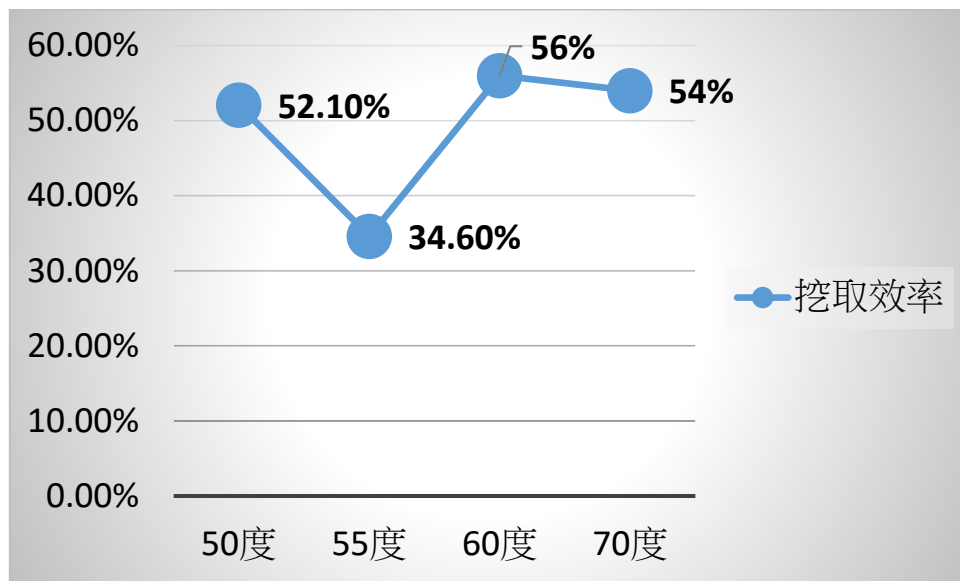


圖 17.不同傾斜角挖取效率折線圖

【說明】從實驗得知，傾斜角約為 60 度時，挖取效率較佳，且能挖最多的結合鍵。因此，清理模組的傾斜角就以 60 度來進行後續實驗。但是轉速太快，將近一半的結合鍵都掉落在「收集水槽」外，應採用減速齒輪比的模式降低速度並增加拉力。

【實驗四】：不同的齒輪比會影響汙泥清理的效率嗎？

(一)研究步驟

- 1.以【實驗三】實驗結果：傾斜角 60 度的挖取效率最好，接續實驗。
- 2.利用 Inkscape 設計 15 齒(厚度 5mm)、30 齒、60 齒、90 齒的齒輪及齒輪板(厚度 3mm)，在 3D 帶動齒輪上加裝軸承及齒輪。
3. TT 馬達裝置 15 齒的齒輪，連接 3.7V 的行動電源，透過 15：30、15：60、15：90 等三種不同齒輪比來記錄挖取效率，每次 30 秒。



圖 18. 不同齒輪比實驗操作連續圖(齒輪比 15 : 90)

<p>1.繪製齒輪板及不同齒數的齒輪</p>	<p>2.雷射切 3mm 的椴木板</p>	<p>3.兩個帶動齒輪蓋均安裝軸承來降低摩擦力</p>
<p>4.連接馬達齒輪及帶動齒輪</p>	<p>5.用木條組裝清理模組</p>	<p>6.進行挖取實驗</p>

(二)研究結果

表 4.不同齒輪比挖取效率紀錄表(單位：顆)

水槽內/總挖取 齒輪比	第一次	第二次	第三次	平均挖取	平均效率
15 : 30	36/86	52/92	45/88	44/88	50.00%
15 : 60	42/55	41/59	43/60	42/58	72.41%
15 : 90	38/38	41/42	38/38	39/39	99.15%

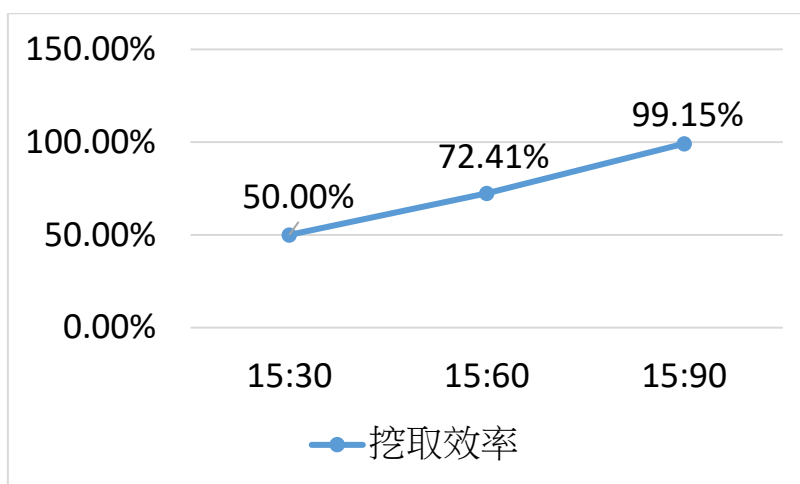


圖 19.不同齒輪比挖取效率折線圖

【說明】從實驗圖表可知，15：90(1：6)的齒輪比有最佳的挖取效率 99.15%，幾乎不會掉到水槽外，但是挖取的速度慢，總挖取的結合鍵數量較低。考慮增加挖取鍊條的數量，提升挖取的量。

【實驗五】：不同的挖取鍊條數量會影響汙水清理的效率嗎？

(一)研究步驟

1. 設定清理模組的傾斜角 60 度，齒輪比為 1：6。
2. 分別安裝 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個挖取鍊條，將清理模組放入水深 8cm 的水槽內，撈取 30 秒到後方的「收集水槽」。
3. 紀錄撈取的水重量。


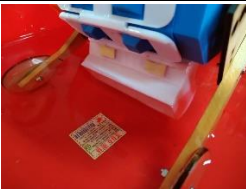

		
1. 模擬水溝水深 8 公分	2. 挖取鍊條能進入水中撈水	3. 2 個挖取鍊條



圖 20. 撈水實驗連續圖

(二)研究結果

表 5.不同「挖取鍊條」個數撈水紀錄表(單位：公克)

挖取鍊條	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個
第一次	309	536	638	648	1004
第二次	293	526	658	690	985
第三次	275	525	664	661	940
平均	292.3	529	653.3	666.3	976.3

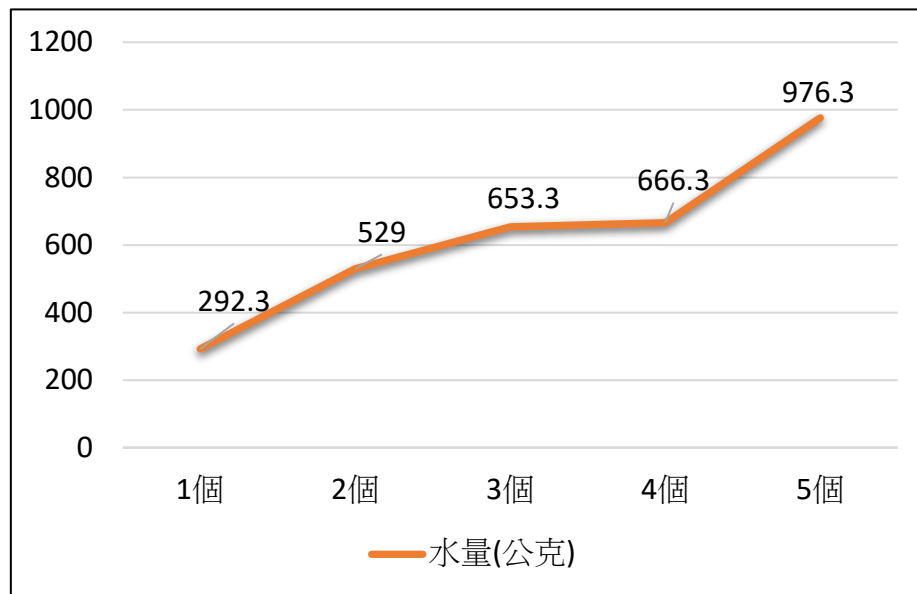


圖 21. 不同「挖取鍊條」個數撈水折線圖

【說明】從實驗圖表可知：

1. 挖取鍊條的數量越多，30 秒內可撈起的水量越多，5 個挖取鍊條可撈起約 976 公克的水。
2. 挖取鍊條越多，帶動齒輪要負擔的力量就越大，而且 5 個挖取鍊條中間間隔 2 個普通鍊條，再多會互相干擾。



圖 22. 5 個「挖取鍊條」

【實驗六】：哪一種「車輛模組」能在崎嶇的地面上行進呢？

(一)研究步驟

1. 利用智高積木製作清理機車輛的模型。
2. 利用木條製作車架，應用 Inkscape 繪製齒輪、齒輪板、圓形車輪及棘狀車輪，雷切並組裝。
3. 觀察實際行進的效果。

1.用智高積木設計車輛	2.齒輪板	3. 150 齒的齒輪
4.前輪(直徑 5cm)及棘狀後輪(直徑 19cm)	5. 組裝齒輪製作三角型車架	6. 用行動電源當作動力下水溝測試

(二) 研究結果

1. 應用減速齒輪組的概念，繪製 150 齒的大齒輪，有足夠的扭力能在連鎖磚地面前進。
2. 車架採用 **三角形傾斜設計**，清理模組必較容易安裝。
3. 實際放入水溝，發現車輛運行時會卡在水溝壁。
4. 在後輪使用圓輪會陷在泥巴中，使用棘狀後輪，能夠跨越泥巴。



圖 23.車輛模組行走連續圖

【實驗七】：不同的導輪設計會影響「車輛模組」轉彎的角度嗎？

(一)研究步驟

1. 拆解 Brain Go 智能晶片(以 ATmega 328P 做為核心，整合了 H 橋電機驅動組、蜂鳴器、LED 燈、溫度感應器、藍牙模組等功能的 Arduino 整合板)及 tt 馬達當作驅動來源。
2. 不同的導輪設計：①前輪後方側邊、②前輪前方側邊。
3. 在地板量測相對應牆面的角度，並做記號。
4. 從 0 度角依序 0、15、30、45、60、75 度測量車子接觸牆面轉彎情形。

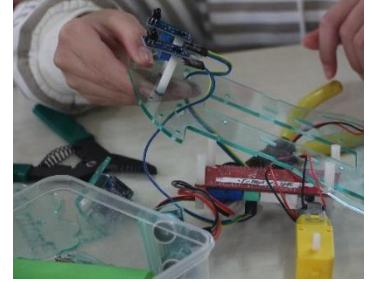


圖 24. Brain Go 模組

<p>1.導輪裝”前輪後方側邊”</p>	<p>2.導輪裝”前輪前方側邊”</p>	<p>3.地板量角度做記號</p>
<p>4.車子與牆面 0 度夾角測試</p>	<p>5.車子與牆面 30 度夾角測試，成功轉彎</p>	<p>6.車子與牆面 45 度夾角測試</p>
<p>7.車子與牆面 45 度夾角測試，成功轉彎</p>	<p>8.車子與牆面 75 度夾角測試，轉彎失敗</p>	<p>9.車子與牆面 75 度夾角測試，轉彎失敗</p>

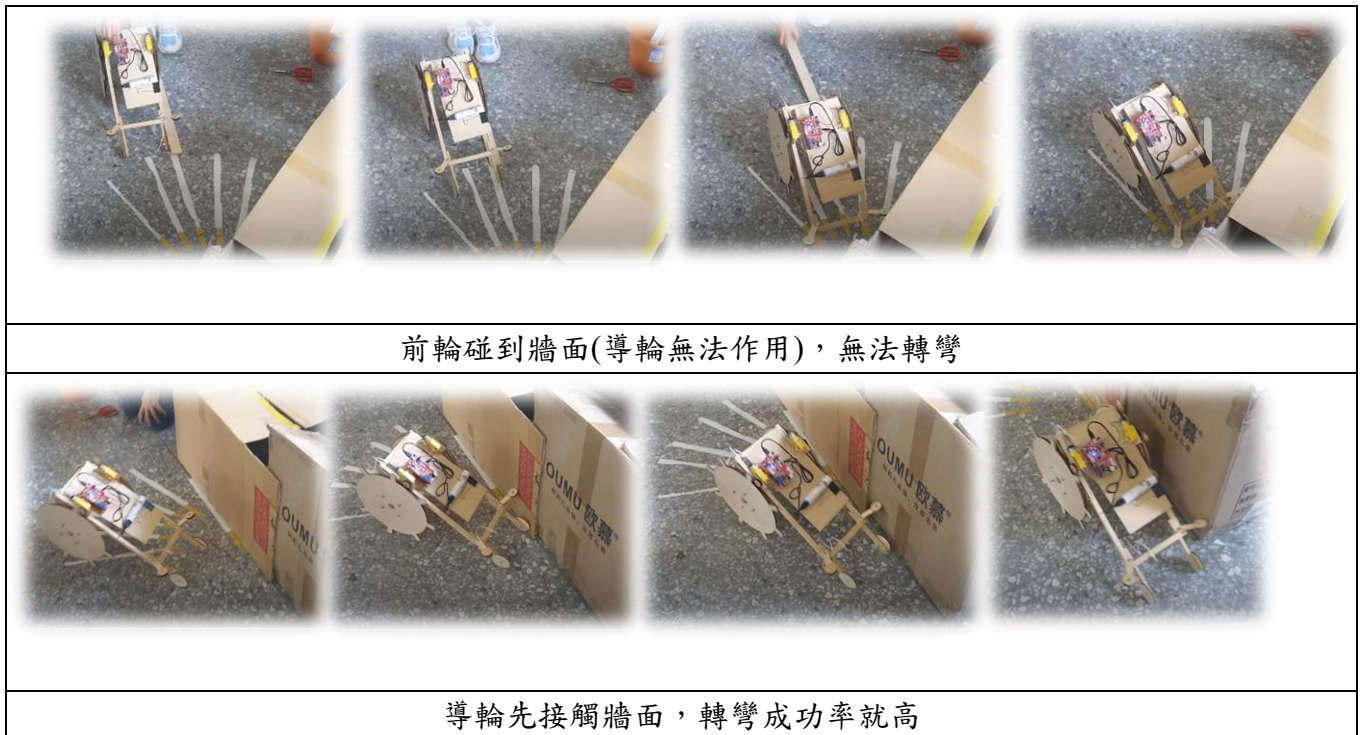
(二) 研究結果

表 6.不同角度車子接觸牆面轉彎的成功(O)與否(X)

角度	兩種導輪裝置設計					
	①前輪後方側邊			②前輪前方側邊		
	測試 1	測試 2	測試 3	測試 1	測試 2	測試 3
0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
45	0	X	X	0	0	0
60	X	X	X	0	0	0
75	X	X	X	X	X	X

【說明】我們發現：

1. 不同的導輪設計會影響「車輛模組」轉彎的角度，導輪裝至”前輪後方側邊”，在角度越大，接觸牆面時，前輪會先撞到牆面，導輪不能發揮作用，所以車子無法轉彎。
2. 導輪先能觸牆面，就容易使車子轉彎，所以選用②前輪前方側邊作為導輪設計裝置。



3. 從表可知：角度 75 度時，車子有導輪還是無法順利轉彎，所以我們選擇清潔子子的水溝，要避免彎度太大的水道。

【實驗八】：不同的齒輪比會影響「車輛模組」的拉力嗎？

(一)研究步驟

1. 用 Inkscape 繪製 15 齒、30 齒、60 齒、90 齒、150 齒的齒輪(輪齒大小為 5mm、壓力角 30 度)並繪製齒輪板。
2. 用雷切機裁切 5mm 厚木板製作齒輪及齒輪板。
3. 更換不同齒輪組，使齒輪比為 1：2、1：4、1：6、1：10，在平面上安裝拖重台，紀錄拖行重量。
4. 為模擬水溝粗糙的表面，選在摩擦力較大的柏油地上測試，每次加一塊 100 克的鐵片。

		
<p>1.用 Inkscape 繪製齒輪</p>	<p>2.切出各種齒輪</p>	<p>3.將 15 齒輪安裝在 TT 馬達上</p>
		
<p>4.將 150 齒輪用螺絲鎖在木車輪上</p>	<p>5.齒輪比 1：10 齒輪組組裝</p>	<p>6.在柏油地上實驗</p>
		
<p>7.拖重台放上重物(圓形 100g)</p>	<p>8.放 2 塊方形重物(1 塊 200g)</p>	



圖 25. 拉力實驗連續圖

(二)研究結果

表 7.拉力實驗紀錄表(單位：公克)

齒輪比	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 6	1 : 10
第一次	400	500	800	900	1500
第二次	300	500	700	1000	1400
第三次	300	600	800	1000	1500
平均	333.3	533.3	766.6	966.6	1466.6

【說明】從表 7 可知，齒輪比越大，拉力越強。所以我們選用 1 : 10 齒輪組 (15 齒對 150 齒) 做為增加扭力的方式。

【實驗九】：如何撰寫 scratch 程式控制機器人自主清理及避免掉進陰井呢？

(一)研究步驟

1. 畫出邏輯圖。
2. 用 NCUE BRAIN GO 寫 scratch 程式，安裝在車架及清理模組上。
3. 上傳到智能晶片，模擬是否能在水溝內挖取汗水子子並於陰井前後退。

<p>1. 利用杜邦線延長馬達的正負極，一個角位控制兩個 TT 馬達</p>	<p>2. 一邊測試一邊修改程式</p>	<p>3. 用紙箱模擬狹窄水溝，紀錄避障情形</p>

(二)研究結果

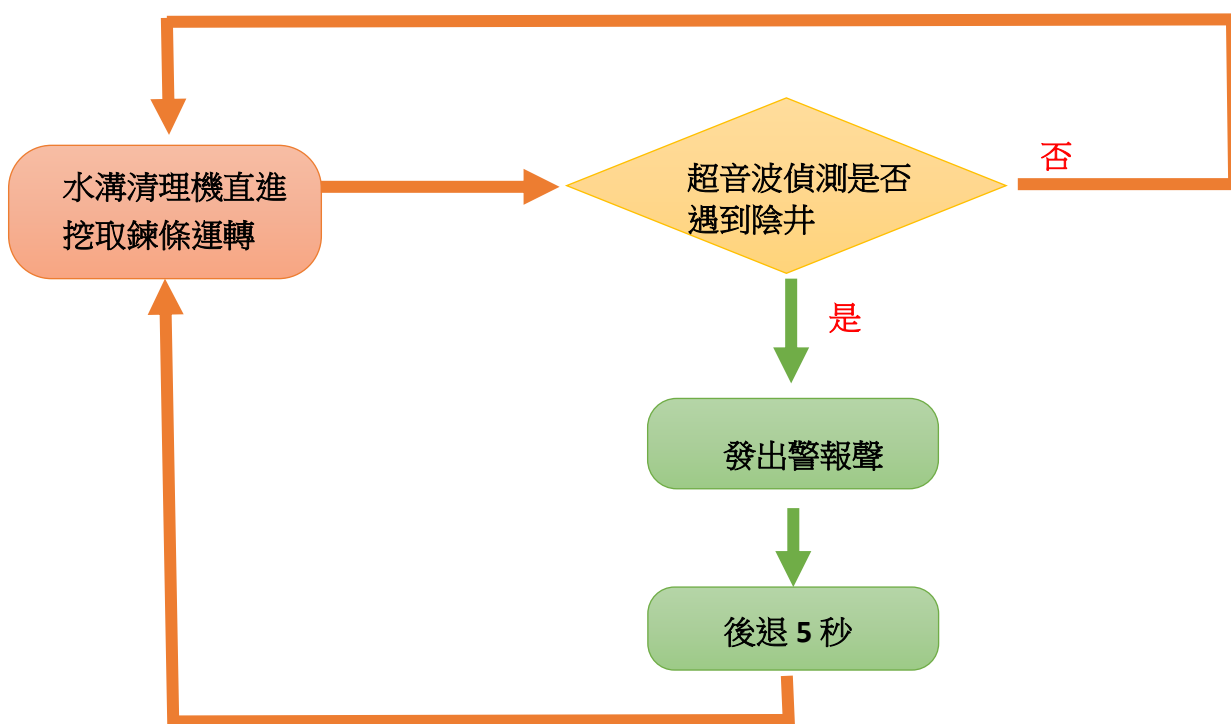


圖 26.避障設計邏輯圖



圖 27.水溝陰井模擬倒退實驗連續圖(遇到前方障礙就會後退)


```

mBot 主程式
不停重複
  如果 藍色超音波 偵測距離 > 20 就
    播放 音調為 C4 節拍為 二分之一
    等待 1 秒
    設置馬達 白色馬達 轉速為 -255
    等待 3 秒
  否則
    設置馬達 白色馬達 轉速為 255
    設置馬達 藍色馬達 轉速為 255

```

```

NCUE Brain GO 主程式 V2.0
不停重複
  如果 藍色超音波 偵測距離 < 45 就
    設定:蜂鳴器音調 C4 節拍 二分之一
    等待 1 秒
    設定: 白色馬達 轉速設為: -255
    等待 5 秒
  否則
    設定: 白色馬達 轉速設為: 255
    設定: 藍色馬達 轉速設為: 255

```

1. 因為陰井寬度大於水溝，所以設定一個超音波偵測，>20 公分就要停止並後退。
 白色馬達控制車輪前進後退。
 藍色馬達控制清理模組運轉。

2. 從寬度來判斷陰井，很容易出現誤差，改成在陰井放置障礙物，<45 公分就要停止並後退。

```

NCUE Brain GO 主程式 V2.0
不停重複
  如果 藍色超音波 偵測距離 < 45 就
    設定:蜂鳴器音調 C4 節拍 二分之一
    等待 1 秒
    設定: 白色馬達 轉速設為: -255
    等待 5 秒
  否則
    設定: 白色馬達 轉速設為: 255
    設定: 藍色馬達 轉速設為: 255

  如果 白色超音波 偵測距離 < 45 就
    設定:蜂鳴器音調 C4 節拍 二分之一
    等待 1 秒
    設定: 白色馬達 轉速設為: 255
    等待 5 秒

```

```

mBot 主程式
不停重複
  如果 白色超音波 偵測距離 < 45 就
    播放 音調為 C4 節拍為 二分之一
    等待 1 秒
    直到 藍色超音波 偵測距離 < 45 前都不斷重複
    設置馬達 白色馬達 轉速為 -255
  否則
    設置馬達 白色馬達 轉速為 255
    等待 4 秒
    設置馬達 白色馬達 轉速為 -255
    等待 2 秒

```

3. 設定 2 個超音波偵測，藍色超音波測量前方，白色超音波測量後方，前方<45 公分就要後退，後方<45 公分就要前進。

4. 因為汙泥會卡住車輪，必須設定前進 4 秒再後退 2 秒，脫離障礙。

【說明】

一開始先設定單個超音波向右方偵測，測到>20 公分就必須停止，但是因為陰井個寬度沒有超過水溝寬度太多，行進間會一直誤判。改成偵測前方，再陰井放置障礙物，測到<45 公分就必須後退。但是，不能退回原本的放置處，所以改成前後兩個超音波，讓機器人可以在兩個陰井間來回清理。

【實驗十】：水溝清理機如何在水溝中運作呢？

(一)研究步驟

1. 進入 makercase 網站(<https://zh.makercase.com/#/>)設計長 20cm、寬 12cm、深 8cm 的盒子並雷切組裝，安裝輪子，成為乘載藍色水槽的貨車。
2. 在藍色集水槽放置重物，測試最大承載重量。
3. 放入樂學樓南面水溝，觀察運作情形。

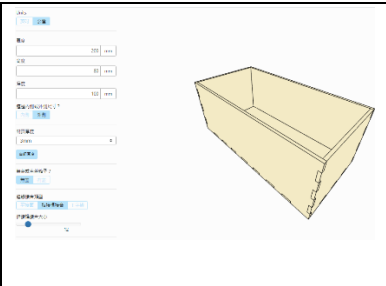
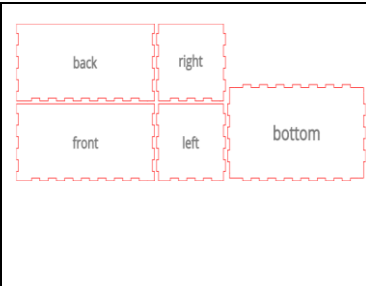
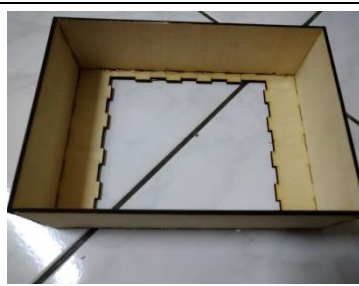

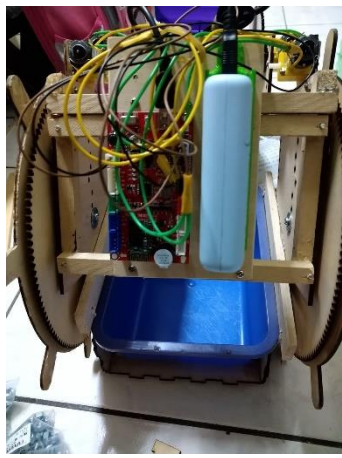



		
1.設計承載盒	2.下載分解圖	3.裝置承載盒
		
4.加裝車輪減少摩擦力	5.安裝集水槽	6.連接線路及電源
		
7.測量重物	8.紀錄行走情形	



圖 28.水溝機器人連鎖磚行走測試連續圖

(二)研究結果

表 8.承載實驗紀錄表

承載重量(公克)	564g	877g	1288g	1655g	1734g
是否可以前進	v	v	v	v	x

【說明】

1. 加裝承載貨車，可帶動 **1655g** 的重物，水槽裝滿水為 1600g，可以帶動裝滿水的水槽。
2. 水溝清理機器人可在水溝中正常前進，有效執行程式，能將汗水撈進集水槽中。



圖 29.水溝中機器人清淤連續圖

【實驗十一】：水溝清理機捕捉子子的效率好不好？

(一)研究步驟

- 1.以樂學樓南面水溝設定4個樣區，分別撈取20秒、40秒、60秒。前進每次撈取需間隔1小時，定點則連續測量。比較清理機有前進及無前進的差別。
- 2.取下水槽，利用篩網過濾，再計算子子的數量。

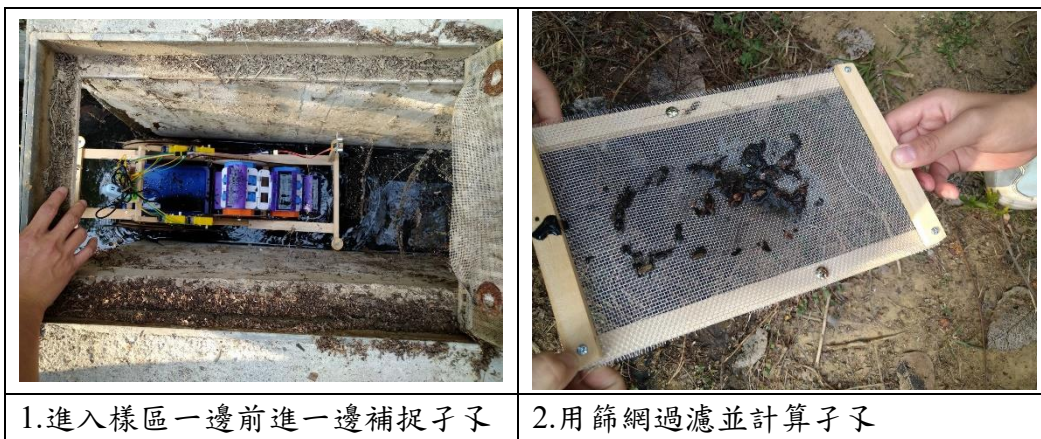


圖 30.用篩網計算水溝子子連續圖



圖 31.水溝機器人清理污水並捕捉子子連續圖(前進4秒倒退2秒)

(二)研究結果

表 9.前進補捉子子數量紀錄表(單位：隻)

秒數/樣區	水溝 A	水溝 B	水溝 C	水溝 D	平均
20 秒	5	8	8	7	7
40 秒	13	17	13	19	15.5
60 秒	28	29	32	35	31

表 10.無間隔時間定點補捉子子數量紀錄表(單位：隻)

秒數/樣區	水溝 A	水溝 B	水溝 C	水溝 D	平均
20 秒	6	8	9	11	8.5
40 秒	3	4	2	3	3
60 秒	1	2	0	1	1

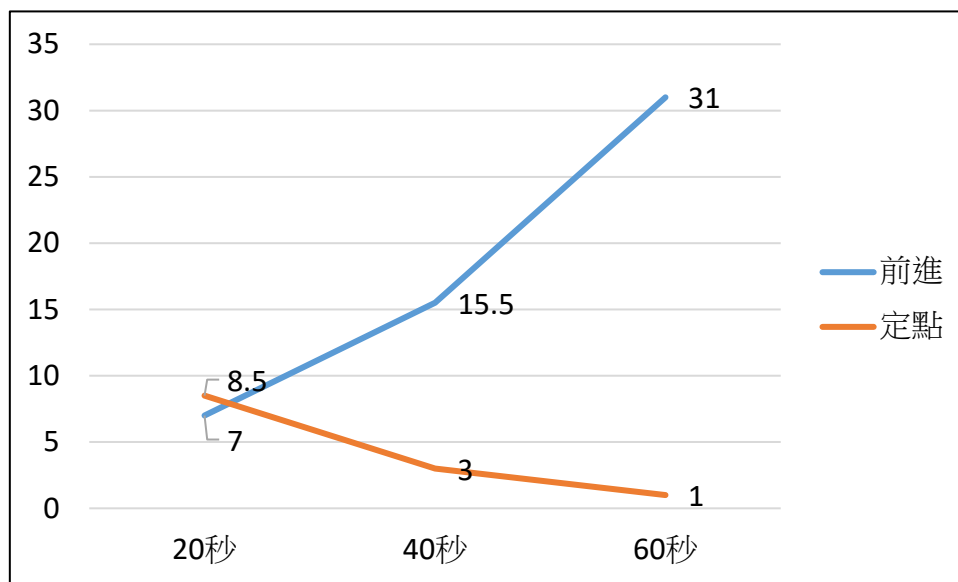


圖 32.水溝中機器人前進及定點補捉子子折線圖

【說明】水溝機器人可補捉子子，時間越長，數量越多，但是如果不前進，捕捉的數量會變少。

陸、討論

- 一. 原本不知道學校的水溝有那麼多類型和尺寸，有些全部封住，留下陰井和通氣口，有水溝蓋則是相當重，如果要清理裡面的汙泥和子子，相當麻煩。陰井通常比較寬及深，是為了收集落葉等雜物，清理的人再打開蓋子清理就好，但是正因為如此，陰井成為子子的天堂。因為連日沒有下雨，運動場的水溝乾掉，但是樂學樓南面水溝卻一直有水，根據調查發現，**洗手台的管路連接到這裡的水溝，所以教室區每天都會排出大量的水到水溝**，難怪蚊子總是那麼多。



圖 33.水溝蓋很重

圖 34.封閉式水溝

圖 35.加裝軸承

圖 36.傾斜角

- 二. 原本以為子子會經常浮到水面呼吸，但是根據實驗結果卻是**底層水**的子子最多，這是因為底層有許多腐爛的有機質，這些是子子的食物，所以**清理機的設計必須能撈取底層水，才能有效補捉子子**。水溝寬度為**30.5 公分**，所以機器人的寬度必須小於**30.5 公分**。我們設計清理機的寬度為**28 公分**。
- 三. 清理模組的設計相當傷腦筋，該如何把底層水撈起放到收集盒呢?分析大型清汙工具，可分為「**吸取式**」及「**撈取式**」，採用「**撈取式**」來設計清理模組，參考履帶及輸送帶的鏈條結構，用 123D-Design 設計寬 10 公分的鏈條、帶動棘輪和**挖取鍊條**。鍊條間不用螺絲固定，採用**卡榫**連接，減少重量。挖起鍊條的造型參考怪手的構造來設計。但是 TT 馬達的轉速過快，模擬水的結合鍵會亂飛，改成減速齒輪來帶動，效果較佳。轉動軸的部分加裝**軸承**，摩擦力較小，轉動較順暢。**齒輪比**越大，速度越慢，鍊條的**扭力**越大，能挖起較重的物品。
- 四. 兩個帶動棘輪間的連線與地面的**傾斜角**會影響撈取的結果，根據實驗，下棘輪的軸心距離水槽底部 12 公分最好，可能是因為「挖取鍊條」開口角度造成**傾斜角 60 度**有最佳的撈取效率。「挖取鍊條」的數量越多，能撈起的水越多，但是彼此間需間隔 2 個一般鍊條，不然容易卡住，最多**5 個**有最佳的表現。
- 五. 一開始用智高積木來設計車體，但馬達力量太小，而且積木的連接不穩定，改用木條及椴木板來設計。車輪部分，我們發現原型車輪會在汙泥中打滑，無法產生足夠的摩擦力讓車體前進，所以模仿耕耘機製作「**棘狀後輪**」，能在汙泥中前進。為了讓固定清理模組的齒輪板，採用**三角型**結構(圖.37)，適用各種坡度。採用**1:10**的減速齒輪模組，有最佳的扭力，讓車體可以適應泥濘的地面，最多可拖動**1500 克**。

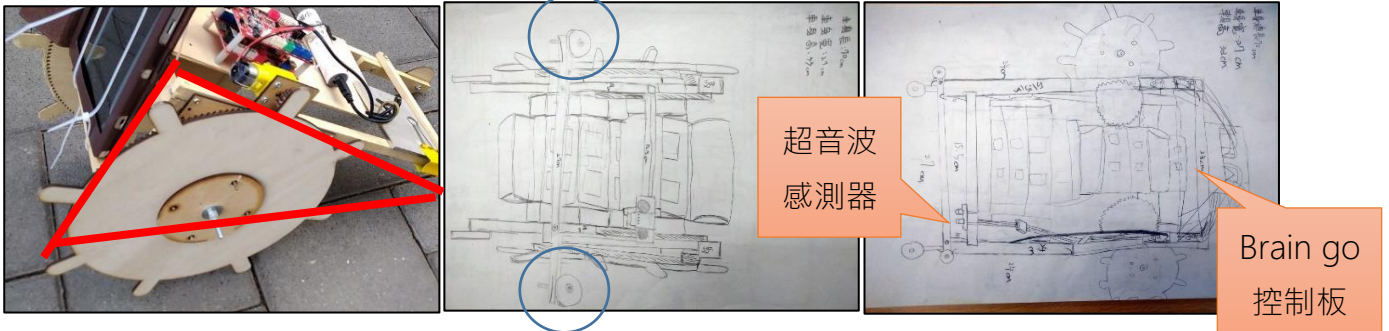


圖 37. 三角形車架及棘狀後輪

圖 38. 水溝清理機設計圖

圖 38. 加裝智能模組設計圖

六. 第一次放入水溝前進就卡住，採用導輪設計(圖 38)，讓導輪順著水溝壁滑開，讓前輪不會卡住。根據實驗結果，發現導輪的位置會影響行進路線與水溝壁的夾角，如果夾角越大，車架越容易被水溝壁卡住，如果導輪在前輪的外側前方，最多 60 度不會卡住，一般水溝的轉彎處約 60 度，若超過則會用陰井來銜接。

七. 因為陰井很深，機器人如果掉進去就會損壞，而且我們希望機器人可以來回的清理並捕捉子子(圖 38)。所以加入 NCUE BRAIN GO 智能模組，用程式及超音波感測器控制機器人發現陰井，能夠後退避開。因為水溝只能前進後退，不能轉彎，所以用一組腳位控制「棘狀後輪」的兩個馬達，在用另一組腳位控制「清理模組」的兩個馬達。原本要用陰井變寬的機制當作機器人避障的判斷依據，但是超音波是發散的，所以無法判斷。改成在陰井放障礙物，這樣機制比較明確。

八. 超音波感測器前方不能有障礙物，所以用杜邦線延長，結果腳位插錯，導致晶片板及超音波感測器壞掉，v+代表正極，GND 代表負極，其他為數位腳位，連接錯誤會造成不良影響(圖 39)。

九. 實際測試結果發現，如果汙泥太厚，一直前進會卡住，所以修改程式變成前進 4 秒倒退 2 秒，能脫離障礙。如果前進超過 4 秒就容易卡住。

十. 在水溝實際捕捉子子，發現一邊前進一邊捕捉，時間越久，效果越好。如果定點捕捉，效果不好，可能是因為子子逃離原處，所以捕撈的成效變差。發現清理機清理後，較不會積水，樣點的子子數量變少。

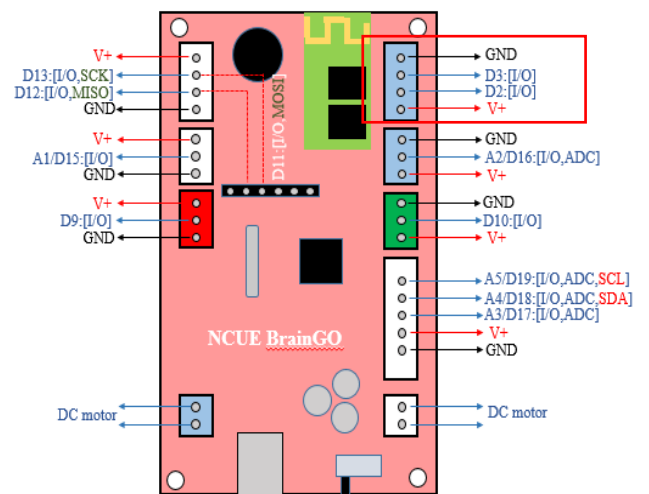


圖 39. 晶片腳位

十一. 原本的水槽能收集的水量有限，將收集水槽下方改成細砂網，可讓水流出，只收集汙泥、枯枝、落葉和子子，減少車體運行負擔的重量。



圖 40.收集水槽下方挖洞

圖 41.安裝到水溝清理機中

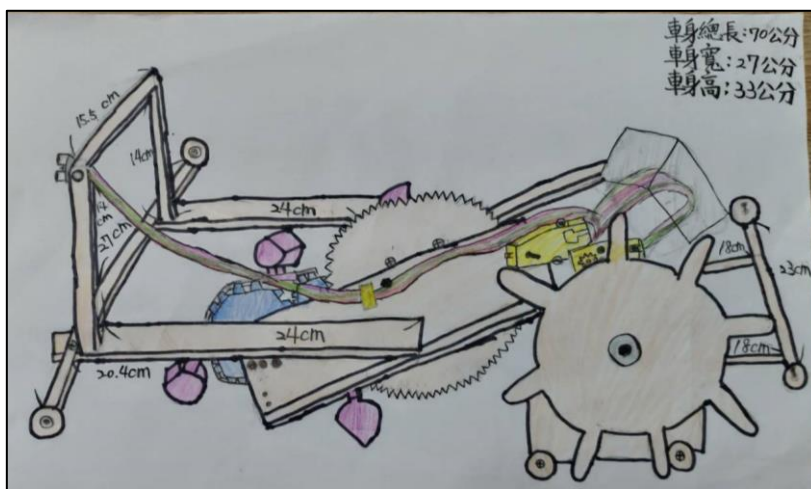


圖 42.水溝清理機器人設計圖(包含感測系統、清理模組)

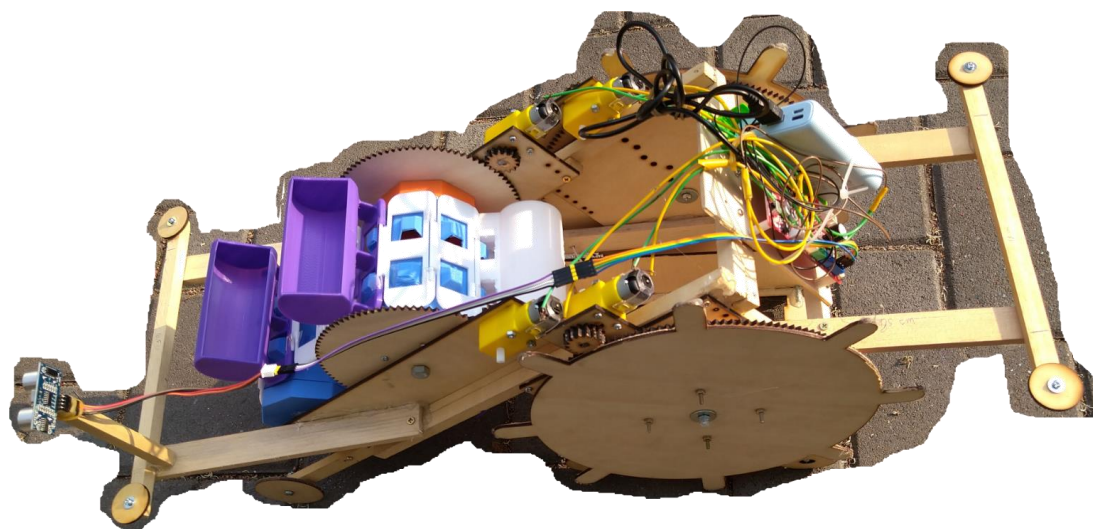


圖 43.水溝清理機器人成品

柒、結論

- 一. 學校的水溝可分為無水溝蓋、水泥封閉及全水溝蓋三種，即使無雨，也會因為洗手台的水讓水溝有水孳生子子。
- 二. 為配合水溝寬度，水溝清理機器人加裝導輪後約為 29.5 公分。
- 三. 清理模組採用「撈取式」來設計卡榫式鍊條，3D 列印帶動棘輪和挖取鍊條，配合 1:6 的減速齒輪，能增加扭力，成功撈取汙泥。
- 四. 傾斜角 60 度搭配 5 個挖取鍊條，有最佳的撈取效果。
- 五. 車架採用三角形結構，車輪改成「棘狀後輪」，馬達加裝 1:10 的減速齒輪，穩定性高，能在泥濘的地面前進。加裝載貨車輪，最多可帶動 1655 公克的重物前進。
- 六. 採用 NCUE BRAIN GO 智能模組連接前後兩個超音波感測器，可判斷陰井位置，自主在兩個陰井間來回清理。前進動態為前進 4 秒倒退 2 秒，能有效脫離汙泥障礙。且清理後積水高度會下降。
- 七. 一邊前進一邊捕撈有最佳的捕捉子子效果，60 秒約可捕捉 31 隻子子，如果放置定點，捕捉效果較差。

捌、參考資料

1. 高雄市登革熱研究中心 (2018)。病媒蚊生態與習性。高雄市登革熱研究中心電子報，(32)，1-2。
2. 清潔石化管溝 大學生研發機器人。引用自 <https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1043413>。

【評語】 082802

1. 本作品進行多種參數的調整與實作，具廣度與深度。對於相關問題，提出的解決方案，並且有實際場域的測試結果。本作品相當完整，表現非常優異，具備創新性與科學探究精神。
2. 在研究進行前，先針對水溝中不同深度的孑孓數量進行量測。先釐清實驗環境，是很好的科學研究程序。
3. 本作品之目的，在於清理水溝，非常貼近日常生活。
4. 若能將眾多參數彙整成一個表格，說明最佳參數與適用情形，將可讓讀者更易抓住重點。

作品簡報

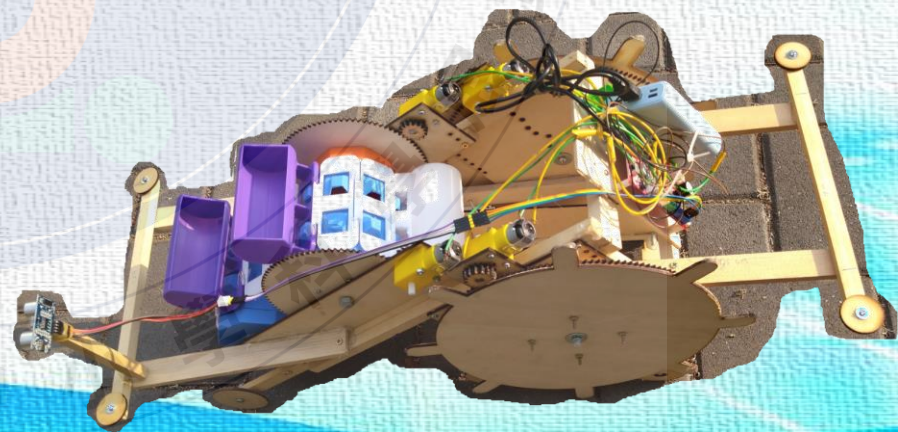
子子掰掰~

智能水溝清理機

科 別：生活與應用科學(一)機電與資訊

組 別：國小組

作品編號：082802



研究動機與目的

- 學校裡蚊子多，想不透蚊子從哪來的？赫然發現來自水溝，但水溝蓋很難打開，甚至被水泥封住，留下通氣口，無法清理。為了消滅子子，解決惱人的蚊子問題，我們想要製作一台機器人，到水溝內去清理汙水並捕捉子子，讓學弟妹的美腿不再被蚊子叮成紅豆冰。

研究目的

1. 子子的分布、習性

2. 鍊條汙泥清理模組

3. 泥水前進車輛模組

4. 智能清理捕捉子子

研究問題

1-1 校園水溝分布？

2-1 挖取鍊條模組？

2-3 齒輪比的效率？

3-1 崎嶇地面行進？

3-3 齒輪比的拉力？

4-1 避障程式？

4-3 前進捕捉與定點捕捉子子的效率？

1-2 子子生活習性？

2-2 傾斜角的效率？

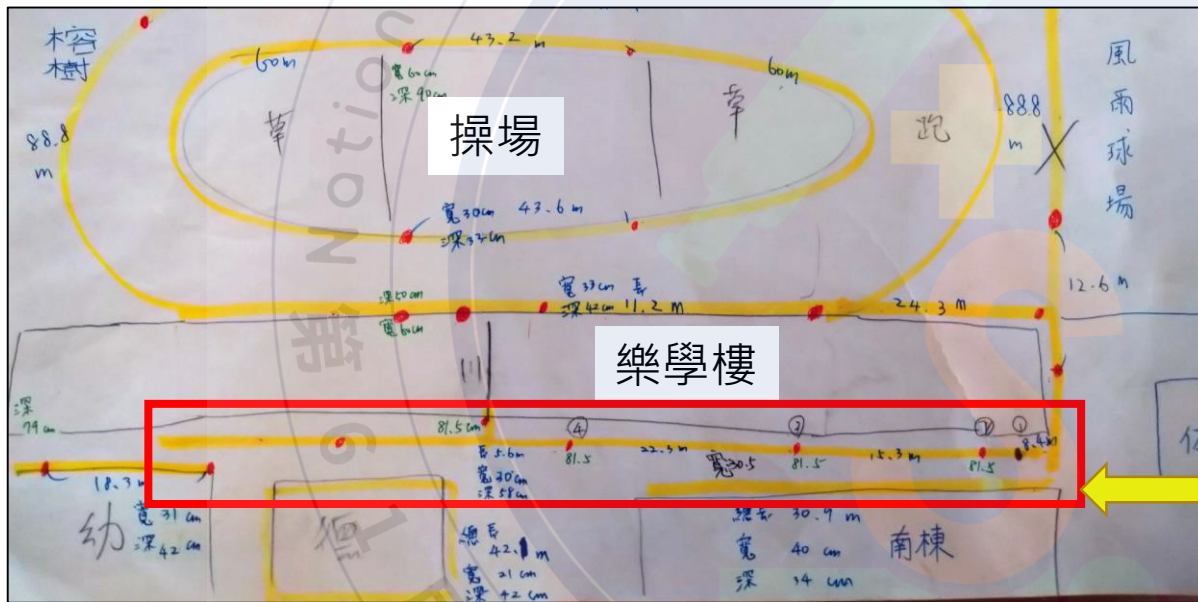
2-4 鍊條數量效率？

3-2 導輪影響轉彎？

4-2 水溝實測運作？

研究方法與結果

基礎調查：校園內水溝的大小一樣嗎？那些水溝裡容易有子子呢？



- 水溝內的子子大多喜歡棲息在**水溝底層**。
- 樂學樓**南面水溝**的子子最多，水溝寬度為30.5公分，機器人寬度必須小於**30.5公分**。

學校水溝測量圖(紅點為陰井的位置)

樣點	水溝a	水溝b	水溝c	水溝d	陰井a	陰井b	平均
表層(距水面3cm)	4	7	0	6	3	3	3.8
中層(距水面20cm)					2	6	4
底層	16	14	3	14	30	26	17.2

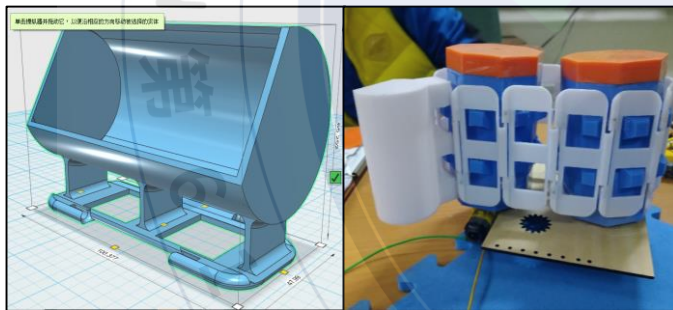
一、如何設計「汙泥清理模組」呢？



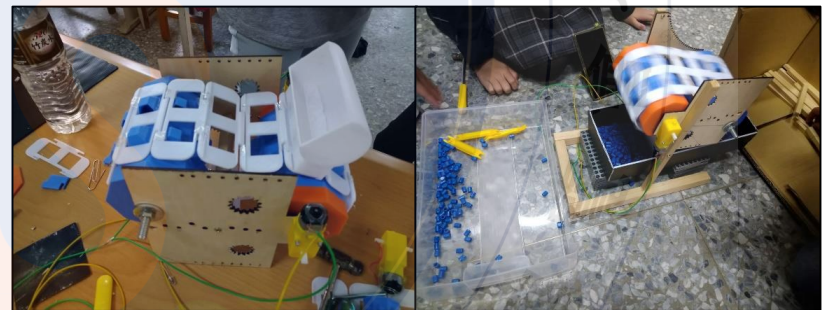
抽取式

挖取式

參考戰車履帶設計10cm帶動齒輪與兩側盒蓋和鍊條



挖取鍊條



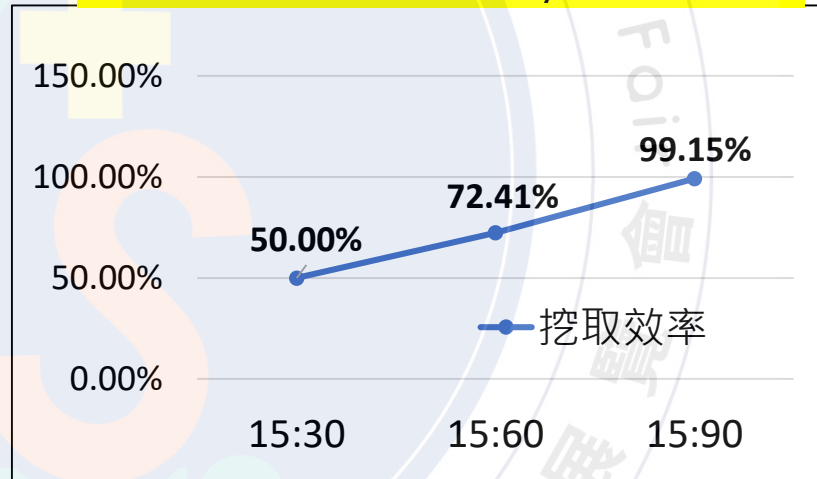
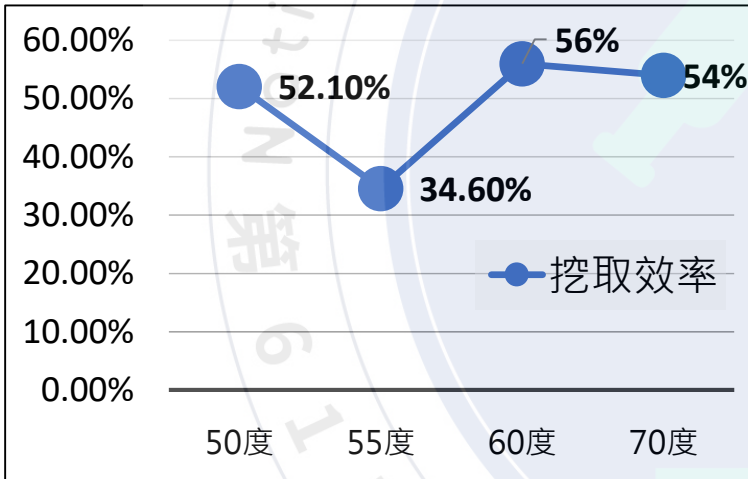
挖取模擬機組裝運作(藍色鍵模擬水)

- 約分成兩類：挖取式(較優)及抽取式(易塞住)。
- 設計長94mm寬94mm高100mm的中空帶動齒輪，方形凸起對應到鏈條上的正方形，兩側盒蓋可方便安裝。用123D Design設計挖取鍊條。
- 連接馬達、鍊條、挖取鍊條、帶動齒輪、木板架製作挖取模擬機。

二、傾斜角、齒輪比會影響清理的效率嗎？



挖取效率 = 水槽內數量 / 總挖取數量



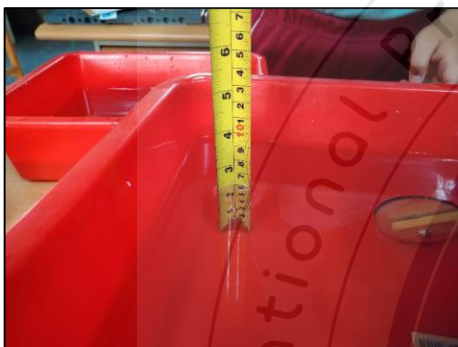
作品說明書
p.10

- 傾斜角約為60度，挖取效率較佳。但轉速太快，將近一半的結合鍵都掉在「收集水槽」外，應採用減速齒輪比的模式降低速度並增加拉力。

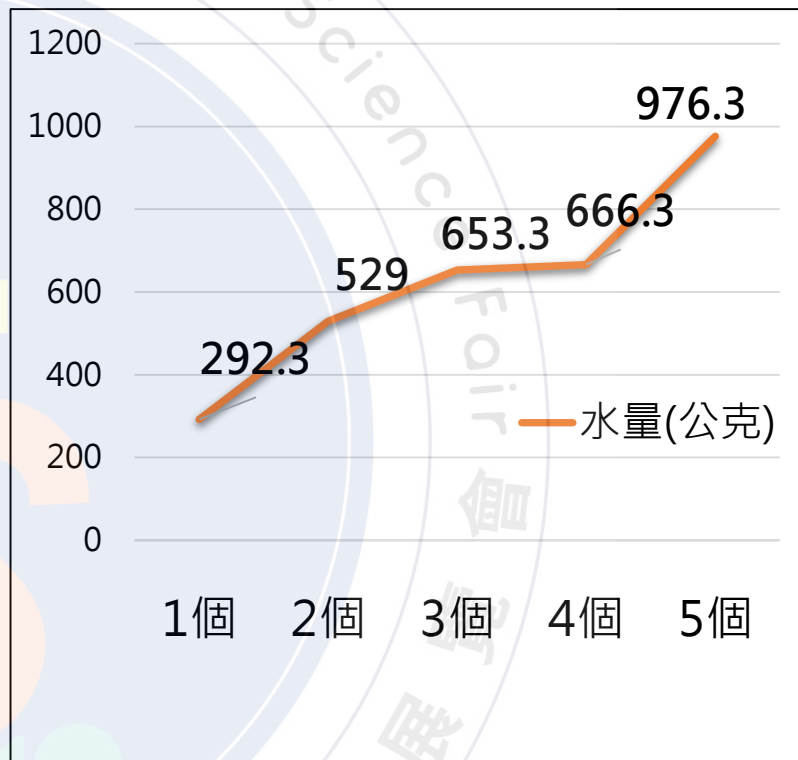
- 15:90(1:6)的齒輪比有最佳的挖取效率，幾乎不會掉到水槽外，但是挖取的速度慢。應增加挖取鍊條的數量，提升挖取的量。



三、挖取鍊條數量會影響汙水清理的效率嗎？

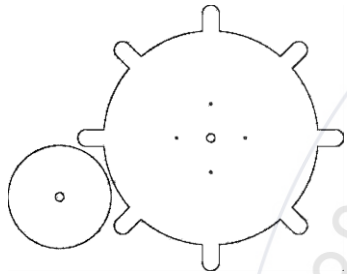


模擬水溝水深撈水(8cm)



- 挖取鍊條的數量越多，30秒內可撈起的水量越多，5個挖取鍊條可撈起約976公克的水。
- 挖取鍊條越多，帶動齒輪要負擔的力量就越大，而且5個挖取鍊條中間間隔2個普通鍊條，再多會互相干擾。

四、導輪、齒輪比影響「車輛模組」行進嗎？



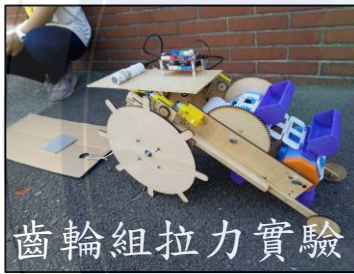
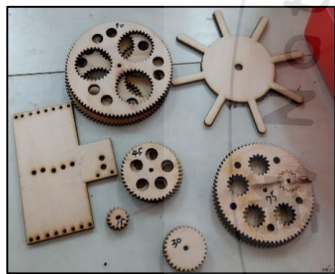
△車架前輪(直徑5cm)棘狀後輪(直徑19cm)



導輪在後



導輪在前



齒輪組拉力實驗

角度	兩種導輪裝置設計					
	①導輪在後			②導輪在前		
	測試1	測試2	測試3	測試1	測試2	測試3
0	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○
45	○	X	X	○	○	○
60	X	X	X	○	○	○
75	X	X	X	X	X	X

作品說明書p.15

- 車架採用**三角形傾斜**設計，車輛模組較容易安裝。
- **1:10**齒輪組，扭力較強，使用**棘狀後輪**，能夠跨越泥巴。
- **導輪在前**，先接觸牆面，能使車子轉彎，角度**75度**時，車子有導輪還是無法順利轉彎，選擇清潔子子的水溝，要避免彎度太大的水道。

五、如何撰寫scratch程式控制機器人自主清理及避免掉進陰井呢？



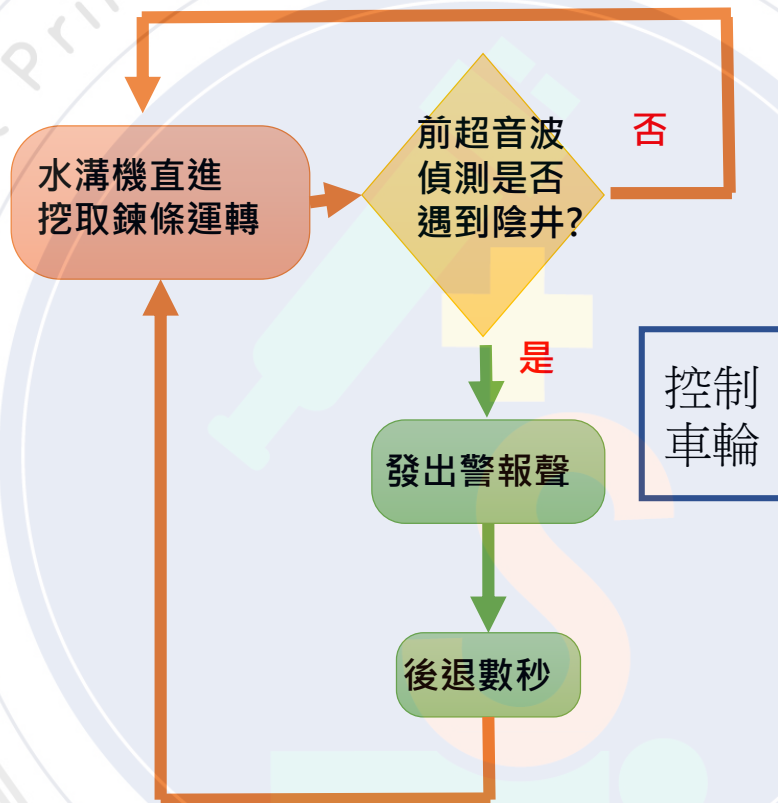
1個腳位控制2馬達



依測試修改程式



紙箱模擬狹窄水溝



水溝清理機邏輯圖

控制 挖取鍊條

控制車輪

水溝清理程式

- 陰井放置障礙物，超音波測到<45公分就後退。前後兩個超音波，讓機器人在兩個陰井間來回清理。
- 汙泥卡住車輪，須設定前進4秒再後退2秒，脫離障礙。

六、水溝清理機如何在水溝中運作呢？



長20cm、寬12cm、深8cm的雷切貨車



水溝前進，偵測陰井障礙物

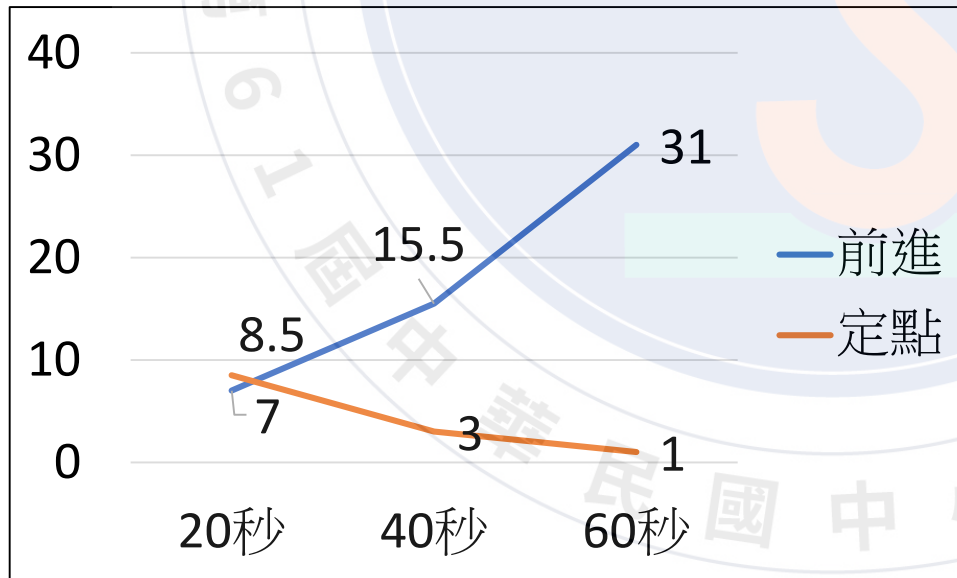
承載重量(公克)	564g	877g	1288g	1655g	1734g
是否可以前進	v	v	v	v	x

- 加裝承載貨車，可帶動**1655g**的重物，水槽裝滿水為1600g，可以帶動裝滿水的水槽。
- 水溝清理機器人可在水溝中正常前進，有效執行程式，能將污水撈進**集水槽**中

七、水溝清理機捕捉子孓的效率好不好？



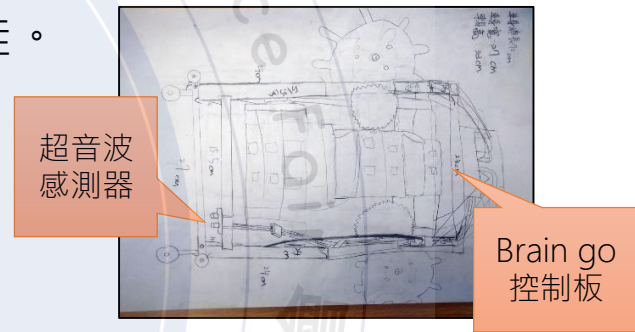
邊前進邊捉子孓再計算



- 樂學樓南面水溝設定4個樣區，分別撈取20秒、40秒、60秒。
前進：每次間隔1小時，
定點：連續測量。
比較前進及定點的差別
- 發現水溝機器人可捕捉子孓。
時間越長，數量越多，但是如果定點，捕捉數量會變少。

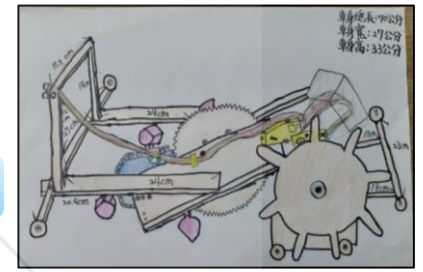
研究討論

- 水溝底層有腐爛有機質，是子孓食物，撈**底層水**，能**有效捉子孓**。
- **清理模組**：「**撈取式**」寬**10公分**鏈條、帶動棘輪和挖取鍊條。鍊條用**卡榫**連接，減少重量。帶動棘輪裝**軸承**，摩擦力小。傾斜角**60度**最佳。挖取鍊條越多，撈起的水越多，需**間隔2個**一般鍊條，**5個**有最佳。
- **車輛模組**：圓型車輪會在泥中**打滑**，故參考耕耘機製作「**棘狀後輪**」，能在汙泥中前進。車輪採用**1:10**的齒輪組，可拖動**1500克**。
- **導輪在前**讓前輪最多**60度**不會被水溝壁卡住，一般水溝的轉彎處約**60度**，若**超過則會用陰井來銜接**。
- **BRAIN GO**智能模組，以程式及超音波感測器控制機器人發現陰井，能夠後退避開。原本要用**陰井變寬**的機制當作機器人避障的判斷依據，但超音波是**發散**的，無法判斷。改在陰井**放障礙物**，才成功。**v+**代表正極，**GND**代表負極。
- 一邊前進一邊捕捉子孓，時間越久，效果越好。如果定點捕捉，效果差，可能是**因為子孓逃離原處**，所以**捕撈的成效變差**。發現水溝機**清理後**，較不會積水，樣點的子孓數量變少。





結論



- 學校的水溝可分為無水溝蓋、水泥封閉及全水溝蓋三種，即使無雨，也會因為洗手台的水讓水溝有水孳生子了。
- 為配合水溝寬度，水溝清理機器人加裝導輪後約為**29.5**公分。
- 清理模組採用「撈取式」來設計卡榫式鍊條，3D列印帶動棘輪和挖取鍊條，配合**1：6**的減速齒輪，能增加扭力，成功撈取汙泥。
- **傾斜角60度**搭配**5**個挖取鍊條，有最佳的撈取效果。
- 車架採用三角形結構，車輪改成「棘狀後輪」，馬達加裝**1：10**的減速齒輪，穩定性高，**能在泥濘的地面前進**。加裝載貨車輪，最多可帶動**1655**公克的重物前進。
- 採用NCUE BRAIN GO智能模組連接前後兩個超音波感測器，可判斷陰井位置，自主在兩個陰井間來回清理。前進動態為**前進4秒倒退2秒**，能有效**脫離汙泥障礙**。且**清理後積水高度會下降**。
- 一邊前進一邊捕撈有最佳的捕捉孑子效果，**60秒約可捕捉31隻孑子**，如果放置定點，捕捉效果較差。