

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 工程學(一)科

第三名

052317

輪椅改造，提高『便』利性

學校名稱：臺中市私立明道高級中學

作者： 高二 林江霖 高二 鄧均淮 高二 謝立倫	指導老師： 戴暉真
-----------------------------------------------	------------------

關鍵詞：輔具優化、輪椅改良、跌倒預防

摘要

近年少子化使老年人口比例快速上升，政府對老年及失能人士的照護也愈發重視，而在輔助失能人士的輔具中，輪椅及便椅是日常生活不可或缺的存在，對行動不便的使用者而言，在輪椅與便椅兩者間的移動可能增加跌倒的風險，若能將輪椅與便椅結合，將大為降低移動的風險。本研究透過生活科技及資訊科技所學，設計將兩項輔具結合為主要目標，並試圖解決兩大問題：第一，輪椅如何提供座位中空來進行如廁，而中空的部分沒有支撐要如何來改善；第二，長期仰賴輪椅者臀部所產生的壓迫性壓瘡如何來防治。本研究將針對上述兩大問題，就現有照護文獻與輔具發明，進行探討、發想、實作與改良，期望打造一台能降低跌倒風險與壓瘡發生等多功能的『方便椅』。

壹、前言

一、研究動機

本研究團隊的成員 A 君，其外婆因為年紀大骨質疏鬆，去年因為跌倒導致脊椎第三節壓迫性骨折，經過腰椎灌骨泥的治療後，行動仍然不便需仰賴輪椅行動。雖然家人照顧得很周到，但是外婆的行動仍十分受限，平時移動都需要坐輪椅，而為了讓外婆可以方便如廁，另行購置了一個便盆椅，面對每天的生理需求，常要在這兩項輔具間來回移動數次。某次外公扶著外婆轉換到便椅如廁時，卻不慎摔倒導致了外婆脊椎病情更加嚴重，導致長期臥床無法自行坐起，因此日前又進行了脊椎減壓手術，但術後的生活還是要面對在這兩項輔具間的移動使用，跌倒的陰影仍是揮之不去。

多數行動不便的被照顧者，家裡大都具備輪椅與便椅兩種輔具如圖 1，除了前述 A 君家人所提的增加移動使用風險外，希望就空間性與便利性，以及長期使用輪椅可能引發的臀部壓迫性壓瘡是否能一併改善，本團隊決定研究實作一款結合了輪椅與便椅的多功能『方便椅』。



圖1. A 君家中便椅與輪椅示意圖

二、研究目的

研究設計的構想，首先是針對輪椅的座墊進行改良，中央需設有一個可以電動控制的開口，開口可以使用電動控制開啟與關閉，來達到結合輪椅與便椅的功能，而在開口閉合時必須具備支撐的功能，因此便思考可藉由『充氣墊』具備質地柔軟可以收摺，並且充氣後提供支撐的特點，將開合的洞口由一個具備收摺功能的氣墊模組來完成，因此整體改良式輪椅的座墊構造，必須具備可伸縮的軌道電機，以及充氣、排氣模組。另有相關研究指出，採用氣墊按摩的床墊可以降低長期壓迫性壓瘡的發生，是以本研究的創意發想，除了期望在輪椅上完成開合式的方便門，減少行動不便者移動使用的次數避免跌倒意外的發生，也希望附加充排氣的按摩功能，達到降低壓瘡發生的機率，以利使用者或家屬能夠更輕鬆地進行生活照護。

本研究將對輪椅進行改造使其具備便椅的功能，實作『方便椅』的功能如下：

- (一) 以不改變輪椅方便收摺的主體結構為前提進行改良。
- (二) 將輪椅原本軟質的皮革，更換為中間開孔的木質合板，方便如廁。
- (三) 木質合板上方亦具備中間開孔的乳膠墊，增加舒適度。
- (四) 設計一個可伸縮式收摺的座墊，在未如廁時閉合當輪椅座墊使用。
- (五) 可伸縮的座墊內部具備充排氣墊，充氣後中空的部位具備支撐，增加舒適度。
- (六) 可伸縮的座墊具備電動充排氣功能，可對臀部進行按摩，以預防壓瘡的發生。
- (七) 安裝控制面板於輪椅手把上，方便使用者自行操作開合與按摩，如表 1。

表1. 方便椅充氣座墊電動開合與按摩示意圖

		
a.方便門完全開啟	b.方便門開始關閉	c.方便門關閉中
		
d.方便門關閉中	e.方便門閉合完成	f.方便門閉合，充氣支撐按摩

三、 研究方法

基於上述動機與目的，本團隊設定完成『輪便椅結合』的便利設計-方便椅，希望除了具備可以伸縮以及支撐的目的外，並延伸應用氣動幫浦的功能增加具充排氣的按摩功能，預防長期久坐而產生的相關疾病。

本次研究指導老師建議我們採用系統性的科學方法來進行(Gauch Jr et al., 2003; 維基百科, 2022/12/2)，科學方法是一種有系統地尋求知識並解決問題的程序，包含三個步驟：

- (一) 問題的認知與表述(設計)
- (二) 實驗數據的收集
- (三) 假設的構成與測試

我們接下來將依這個三個步驟來進行。在第貳章說明相關研究，在第參章具體化研究問題與設計規劃，並於第肆章呈現實驗步驟與方法，並於第伍章進行實驗測試與改良，最後於第陸章針對研究結果進行更進一步的探討，以驗證本次的研究目的。

貳、 相關發明與文獻回顧

一、 具備便椅功能之輪椅相關專利

表2. 目前已通過申請之輔具改良專利號

專利號	輔具改良之專利功能
專利名稱	
I627948	(賴振標 2018b)一種可便溺折疊式輪椅，係包含一可收折的椅架，一可收折的支撐裝置設在一座墊的底面及椅架之上，並可與椅架連動收合或展開；再者能以一清洗裝置清洗屁股，及以一擦拭裝置來擦屁股，使病患
可便溺折疊式	

輪椅(三)	完全不用上下輪椅，即可自行便溺及清洗，讓病患具有尊嚴及方便性，且對於看護或家屬而言，也可以減輕負擔，為一具有人性化設計之輪椅。
CN105012087B	(邢曉冬, 2015)提供一種可如廁輪椅，可讓使用者不離開輪椅即可在坐便器上如廁。可調節座椅高度以滿足不同的馬桶；人體位置調節機構由兩個液壓推杆機構、內側扶手和支撐板組成。座椅板開合機構由電機、齒輪齒條組成。電機帶動齒輪轉動，齒輪帶動處於齒輪上下兩側的兩根分別與兩塊座椅板固定的齒條朝相反方向運動，從而實現座椅板的開合，該發明可調節座椅高度以適應不同高度的馬桶。
一種可如廁輪椅車	
1620555	(賴振標 2018a)一種可便溺折疊式輪椅，其座墊中間設一排放口；一便溺裝置設在座墊的底面，其包括二遮板，其上表面各設有一軟墊，且該二遮板併合時該二軟墊係呈平行狀凸露在排放口內；二制動構件，呈相對應狀設在二遮板底面及兩側，藉由拉動或推動制動構件使該二遮板呈併合狀而關閉排放口，或呈張開狀使排放口開啟而可供便溺使用；一承接袋，吊掛在二遮板內側底緣，並隨著該二遮板向下張開時同步撐開開口，用以承接排泄物。藉此行動不便者可直接於輪椅上便溺，使病患完全不用上下輪椅，即可自行便溺及清洗，讓病患具有尊嚴及方便性。
可便溺折疊式輪椅	

上述(賴振標 2018a)的輪椅結構之問題在於使用者雖然可以隨時如廁，但當成輪椅使用時，由於長時間乘坐於環形座墊上，其臀部中央並無任何支撐；另一方面環形座墊其結構相對較硬，若是久坐的情況下容易導致臀部肌肉疲勞，甚至是發炎或生瘡。因此，如何改善環形座墊造成使用者不舒適的問題，(邢曉冬, 2015)具備開合的便椅功能與支撐，但需要特殊專用的輪椅結構來進行高度的調整，如何運用現有輪椅來進行便椅輔具的結合並具備支撐的功能，是輔具領域之業者與研發者亟待解決的問題之一。

二、 壓瘡形成的原因

壓瘡是由於長時間處於同一位置，壓迫和摩擦導致皮膚和軟組織受到損傷而形成的，如表 3 是一些導致壓瘡形成的常見原因(Barsocchi, 2012; Saghaleini et al., 2018; 沈暉程, 2018; 袁長蓉, 1995)。

表3. 導致壓瘡形成的常見原因

原因	說明
長時間的壓力	當人體長時間處於同一姿勢而沒有移動時，身體的重量會施加在特定的區域上，導致這些區域的皮膚受到壓迫，缺乏血液循環和氧氣供應，最終導致組織壞死，形成壓瘡(沈暉程, 2018)。
摩擦和剪切力	當身體長時間保持不動時，皮膚和軟組織的摩擦會增加，而當身體在床上滑動時，皮膚和軟組織會受到剪切力，這些都可能導致壓瘡的形成(袁長蓉, 1995)。
活動能力受限	如果一個人無法獨立移動或需要長時間臥床，那麼身體會更容易發生壓瘡(Barsocchi, 2012)。
年齡增長	年齡增長會導致皮膚和軟組織的彈性減弱，這意味著皮膚更容易受到壓迫和磨損，更容易形成壓瘡(包括骨頭、血液)而造成血液循環不良(Obalum et al., 2009)。

三、 預防壓瘡的方式

目前充氣床墊被廣泛運用於壓瘡的預防，但根據臨床使用效果顯示，如果病患皮膚與

床墊之間的介面壓力固定，依然會使患者的皮膚血液循環受阻，進而產生壓瘡。所以預防壓瘡的摩擦有許多改良的方法。中山大學(李達漢, 2008; 謝志豪, 2007)提出預防壓瘡生成之病床創新設計：人體肌肉受力分析及支撐系統初步設計指出，藉由充排氣墊的按摩效果，可以進一步有效降低壓瘡的發生。同時，床單的材質和光滑程度會影響皮膚和床之間的摩擦力，使用低摩擦力的床單套組，可以減少皮膚受到的摩擦和刺激。姿勢也是導致壓瘡發生的原因之一，因此改變姿勢也成為壓瘡的預防方式，長時間保持同一姿勢會增加皮膚受到的摩擦和壓力，容易導致壓瘡。因此，需要定期改變身體的姿勢，如每小時藉由氣墊進行按摩一次，以減少皮膚受到的壓力和摩擦。而大同大學(陳翰柏, 2009)提出醫療級防壓瘡氣墊床最佳控制參數的自動設定，使用者體重建議最大壓力質不超過 32mmHg(約 4Kpa)，並且應該每小時內要進行位置的調整大約 5~10 分鐘，以降低壓瘡的發生，並設計有兩組交替充氣設備，以循環週期為主要控制參數，運用實驗法進行最佳控制參數的研究，使其具有自動設定的功能。元智大學(陳貴恒, 2016)提出智慧型控制預防壓瘡氣墊床的應用，藉由量測使用者重量來進行動態調整軟硬度，讓長期躺臥病床之病患表面血液受壓減至最低，以達到確實預防壓瘡的目的。

參、 研究問題與設計規劃

一、 研究架構

首先是發想階段，期望能夠為行動不便人士帶來更多便利性。我們團隊首先進行資料收集及創意發想，以前述的相關研究發明與文獻，來統整想法以及可行性，最後再進行討論及動手實作。針對問題，團隊運用心智圖針對問題以及特色功能，還有使用群體進行相對應的發想與功能開發，心智圖具備放射性思考法 (Radiant Thinking) (李光展, 2015; 陳勇志, 2022)，從一個中央的主題開始，往外擴散出相關聯的內容結構，並且將所有的資訊整理在一張心智圖裡(Buzan & Buzan, 2002)，可以讓我們團隊進行腦力激盪，並釐清問題與功能框架，有助於後面實驗流程的進行，最後彙整如下圖 2。

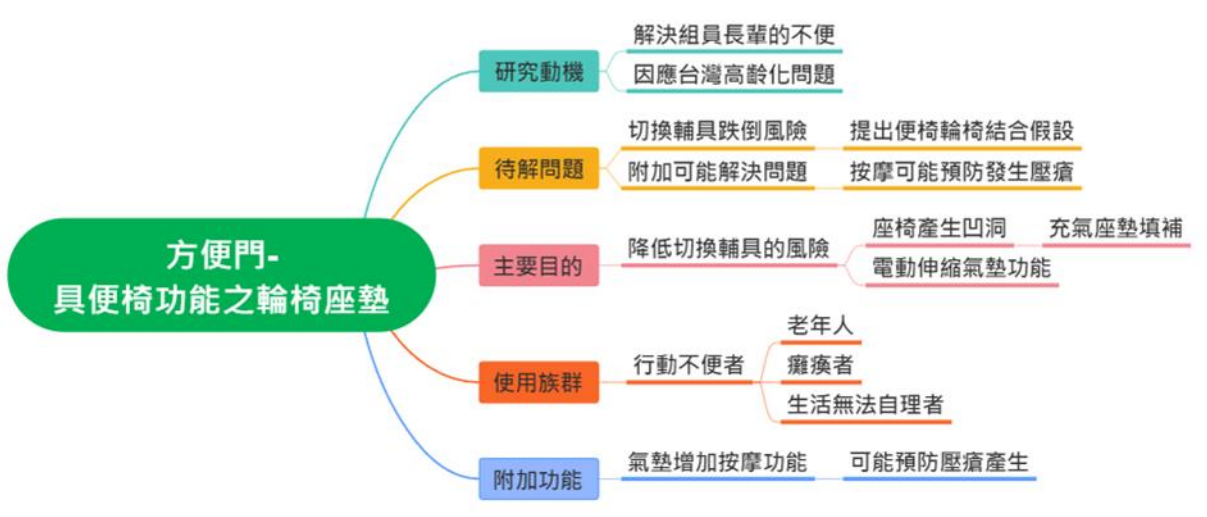


圖2. 研究問題心智圖

有了明確的開發目標以及待解決問題後，團隊著手制定研究整體的開發與實驗流程，如圖 3。

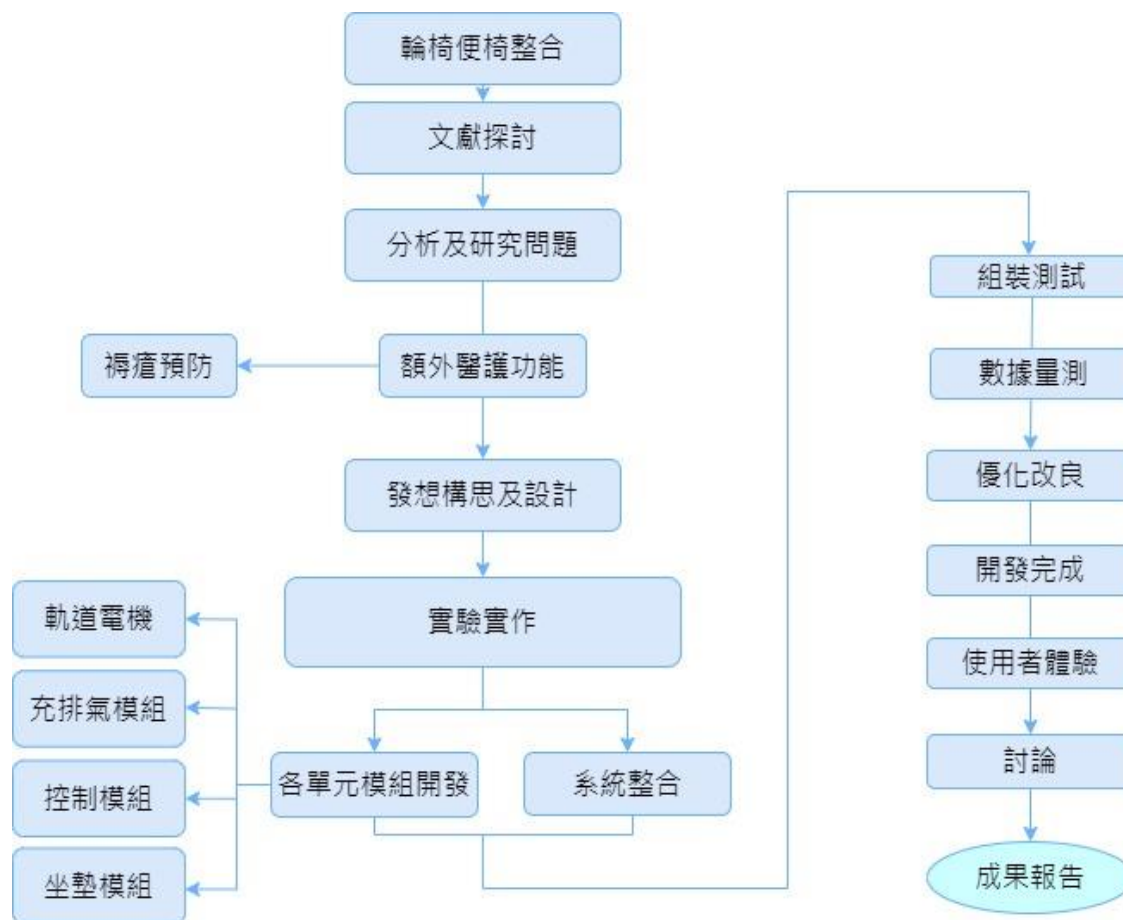


圖3. 研究架構圖

二、 便椅與輪椅功能的結合設計

為了達到兩項輔具的功能整合進行討論，因為大多數被照護者在輪椅上的時間較長，因此一定是將便椅的功能結合到現有的輪椅上。透過觀察與拆解現有的輪椅結構，發現輪椅可以提供方便收摺的功能，是具備了一具 X 型的骨架，並且在收摺的部分採用了許多軟質的布料來達成，如下圖 4。

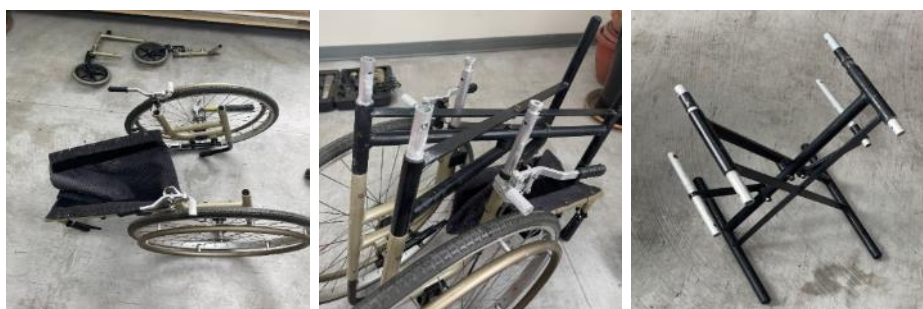


圖4. 輪椅的主結構拆解

為了達到兩項輔具功能的整併並保留原本的功能，第一個要解決的問題是輪椅座墊中間能夠移動收摺又能夠支撐，本團隊在原有的輪椅上，拆除了原本的支撐布料，改放置一片木質基板，而座墊原本大小必須 51cmx42cm 才能置放於輪椅上不滑落，並選用 5mm 厚度的合板可有效作為支撐並具備設備固定的功能。為使木板具備上述如廁的功能，將在木板中心位置裁切合適的開孔，開孔大小參考現有的便椅孔徑，大約是 27cmx26cm 的橢圓形設計，因此定案裁切 26x26 正方形的開口，如下圖 5。

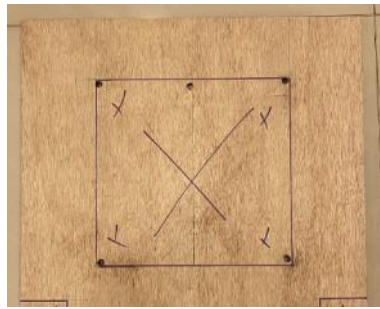


圖5. 木質基板 51x42 公分。中間開孔 26x26 公分，厚度 5mm

為了增加舒適度，將規劃於木質基板上方，放置乳膠墊增加舒適度，又為了美觀與防汗，必須使用適當的布料進行包裹。而原本的輪椅是密閉舒適的軟質布墊，目前中空後雖然可以提供如廁的功能，但長期久坐必將影響使用者臀部的舒適，是以必須設計一款可以伸縮又能具備支撐的座墊來解決。尋思能夠伸縮的軟質結構，團隊想到窗簾的伸縮也是相同的原理，便研議仿照窗簾的設計透過軌道帶動布料收摺，來提供方便門洞口的開合與支撐。然而單純的布料沒有厚度，無法配合前述乳膠墊的高度，是以思考採用可充氣的氣墊來解決，不僅可以伸縮又能夠符合充氣後提供支撐的設計。而氣墊本身因為密合性，無法透過縫合或夾具來處理，且固定於軌道上需要一個有效的帶動方式，是以團隊進一步使用光滑的布料設計了一個氣墊套，來裝填充氣墊，並將氣墊套進行打孔後，如窗簾一樣固定於運行的軌道上，設計構想如圖 6。

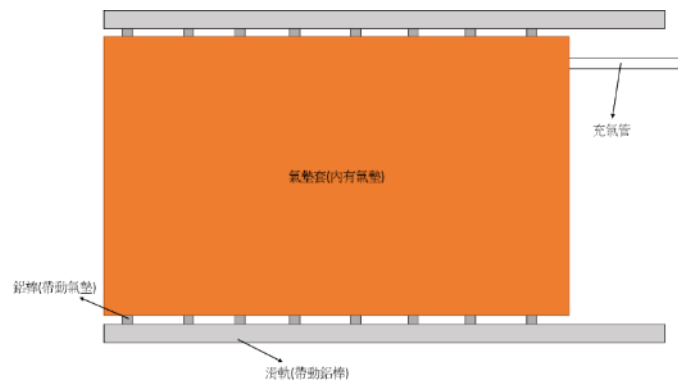


圖6. 滑軌與氣墊裝置圖

為了給予行動不便的使用者達到方便省力的體驗，方便門勢必將結合電動軌道來達到開口的自動伸縮與充排氣的功能，本團隊便尋思規劃設計一款可以電動帶動軌道的軌道電機，以及充排氣的幫浦來完成。

又為了達到關閉方便門後自動充氣，以及排氣後才能打開方便門的自動化程序，必須規劃一個適合的單晶片來完成這些自動化的功能。團隊成員在生活科技課程中對於 Arduino 的熟悉度非常高，且具備有足夠的 IO 腳位，因此選定以 Arduino Uno 開發板來進行本次自動化的控制板。而電力的需求自然也必須納入考量，將針對所採用的電機與幫浦所需的電壓、最大電流、功耗等，選用最常見的 12 伏特鉛蓄電池，並額外採購實驗時所需的電源供應器，可以透過交直流電壓轉換的方式，快速提供實驗所需的電力。

依據上述的條件假設，針對此項功能，本團隊預計在輪椅中間具備一個可以伸縮開合的機構。座墊下方設置之便盆方便在開啟的狀態如廁，而平常在閉合的狀態，該充排氣座墊封閉了開口，且透過充氣裝置對充氣墊進行充氣，與乳膠墊同時提供良好的支撐，提升使用者乘坐的舒適度。藉此，使用者可以根據自身需求去控制『方便門』的開合，解決了如廁時需要更換便椅的問題，並有效改善輪椅的乘坐體驗。因此，本研究將對輪椅進行改造，使其具備便椅的功能，因此『方便椅』設計實驗組裝流程如下圖 7。

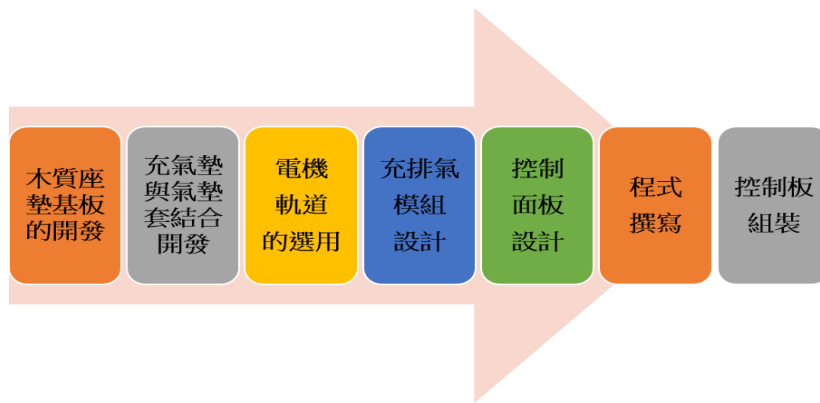


圖7. 單元模組開發圖

三、 支撐的額外應用壓瘡防治設計

本團隊為了有效解決昔知的便椅與輪椅合併的最大問題—支撐性，提出了一個具備伸縮與充氣支撐的座墊，座墊除了伸縮功能外，並帶有充排氣的設備，是以團隊尋思是否能夠再利用充氣幫浦提供額外按摩的功能。在相關的文獻研究中我們發現，**充氣床墊對於壓瘡的發生已經有非常多的實證與研究，證明對於壓瘡的發生具備有很好的預防效果。**是以本團隊將原本用於支撐的充氣座墊，增加動態按摩的效果。於是，必須針對座墊壓力的控制更為精準，是以設計規劃增加壓力感應裝置，透過 Arduino 的類比輸入端口，可以進行氣墊壓力的偵測，並運用 IO 腳位連接繼電器，對充氣幫浦以及排氣幫浦進行有效的控制，且為達到壓力控制的精準與省電，充氣與排氣模組還須具備不供電時常閉的功能，是以在充排氣幫浦上增加常閉式電磁閥，整體透過 Arduino 的可程式化控制，透過讀取氣墊壓力來控制氣墊的充氣與排氣，進而達到按摩的效果。而座墊充排氣與按摩的頻率，將參採文獻回顧中的大同大學陳翰柏先生之**醫療級防壓瘡氣墊床最佳控制參數的自動設定，經適度簡化後，作為本次預防壓瘡功能的參考值。**

因為需具備充氣與排氣功能，是以規劃採用常見的露營用充氣幫浦，其具備充氣與排氣功能，但須藉由變更連接點來變換充氣與排氣的功能，無法透過改變電壓正負極性，來達到充排氣功能的轉換，因此必須一次安裝兩組幫浦與兩組電磁閥來達到充氣與排氣的目的，且在氣體的運行上需透過連通管，共同連接到充氣墊主體，如下圖 8。

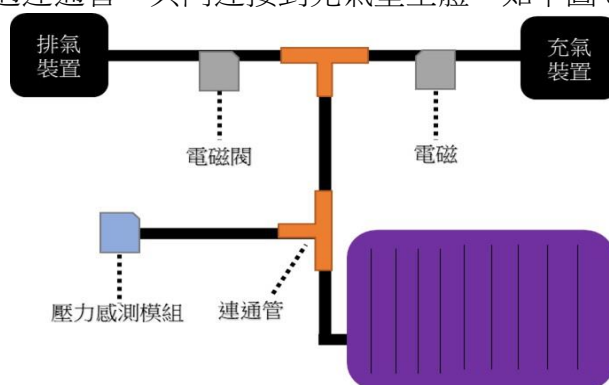


圖8. 充氣墊連接設計圖

四、 程式流程設計

依據上述設計，程式必須設計兩大類功能，1 方便門之開合功能，2 充氣座墊之充氣排氣微調功能，以及自動按摩功能，共計 5 顆功能按鈕，並外加兩顆開關按鈕，分別控制兩大類的電源，5 顆按鈕的流程設計分析如下圖 9。

(一) 方便門之開合功能流程圖

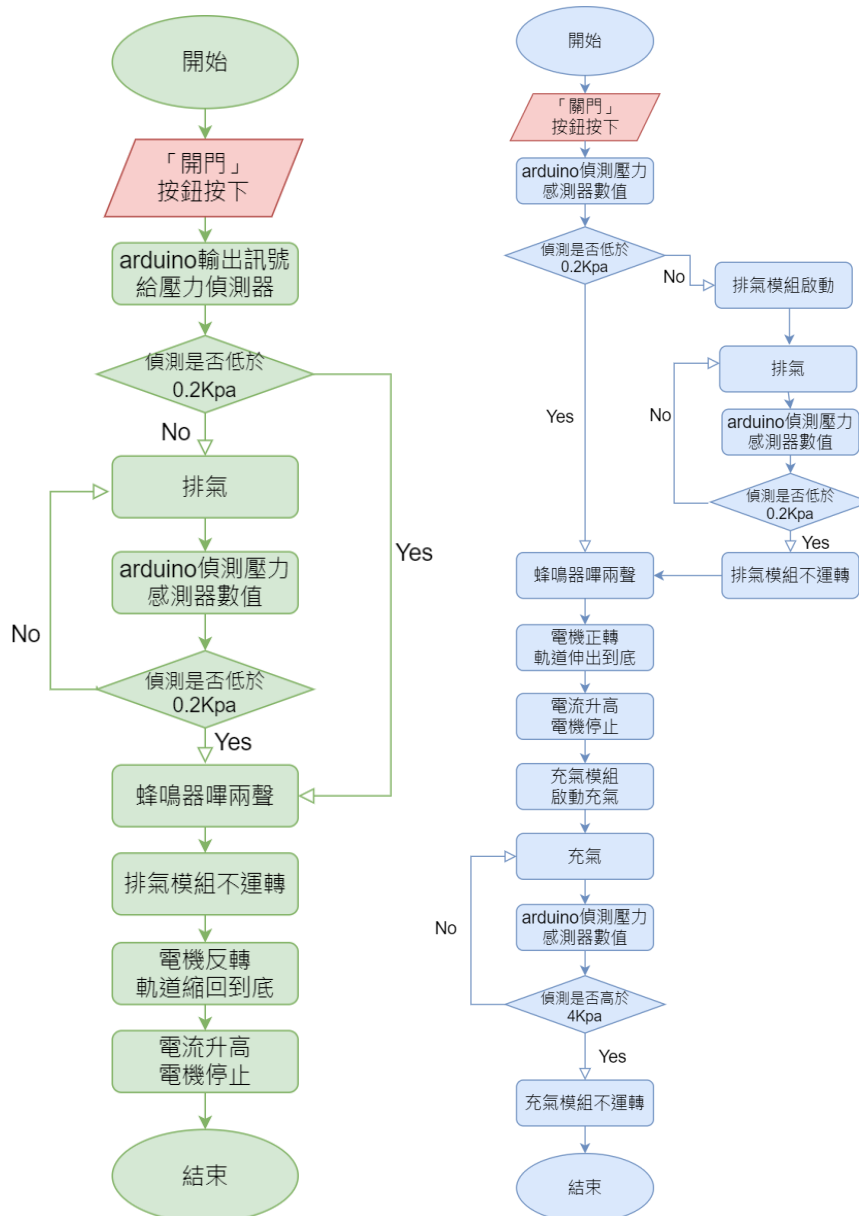


圖9. 方便門電動滑軌開門與關門執行流程

(二) 自動按摩流程

本實作研究因為支撐的需要採用了充排氣的模組，為達效益最大化，增加氣墊按摩的功能，如前述研究指出人體皮膚最大耐受介面壓力為 32mmHg(陳翰柏, 2009)約 4Kpa，是以本團隊將運用壓力感測器，定時量測氣墊壓力值 < 4Kpa。為了讓氣墊具備按摩功能，參考研究學者的參數設計，於 5 分鐘內進行週期性的壓力變化來達到按摩的功能，目前參數設定為 4Kpa~2Kpa 進行充放氣，如下圖 10，為氣墊按摩的執行流程圖，當滑軌已經為伸出狀態時，使用者可以按下紅色按摩按鈕，時間計時 5 分鐘，此時氣壓計將會偵測充氣墊是否為充氣狀態，若在充氣狀態便可直接開始按摩；若非充氣狀態，則會在充氣後開始按摩，並在一個固定的氣壓區間進行充排氣的循環，5 分鐘後停止；後續程式控制將依照以下流程規劃進行撰寫、開發與測試。

另外，本設計也設定了手動調整充氣座墊壓力的按鈕，使用者可以根據乘坐的舒適度，來進行加減氣壓的調節，以達到最適合的充氣墊支撐力道，如圖 11。

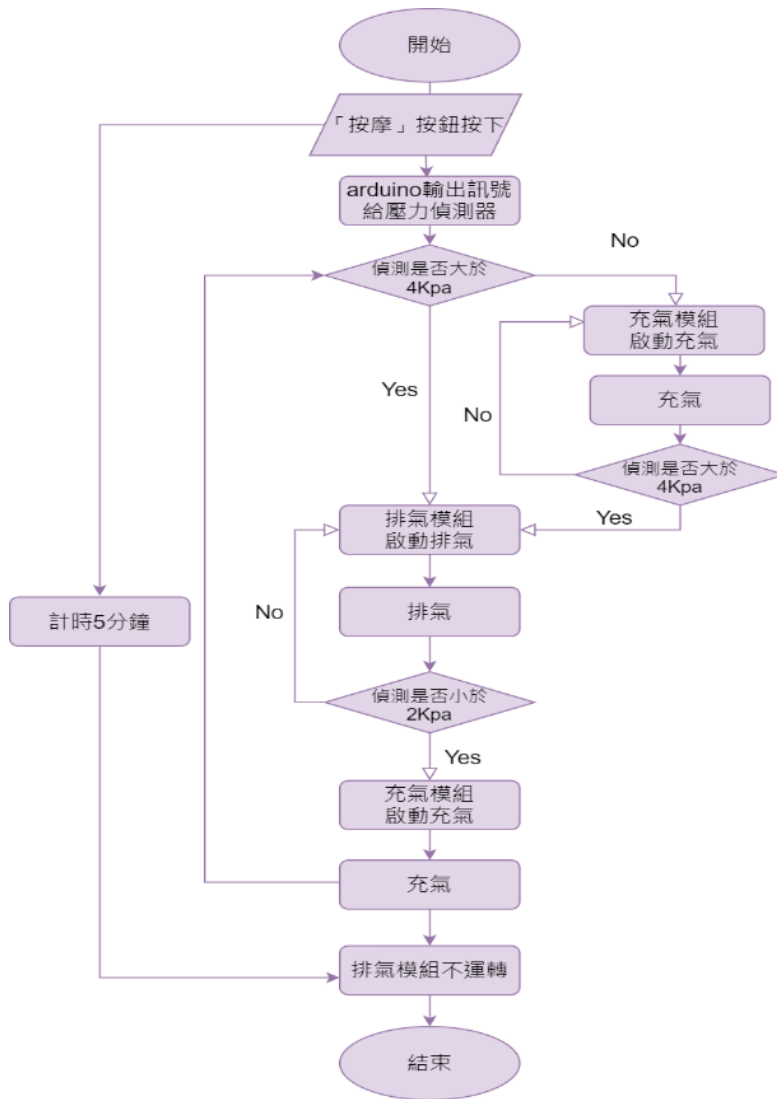


圖10. 自動按摩執行流程圖

(三) 充氣墊軟硬度微調流程

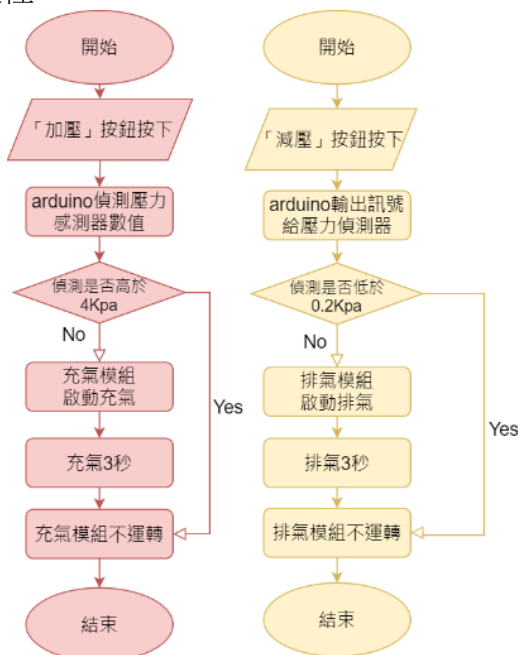


圖11. 充氣墊之（加壓/減壓）軟硬度微調流程圖

因此，本研究依循上述系統性的科學方法，組裝測試後進行功能的驗證與量測，再進行優化改良，然後再次進行量測與驗證，最終完成實作作品如下圖 12，並做進一步的討論與未來的改進。

模組功能組裝	功能測試	改良與優化	量測驗證	完成設計	成果討論
<ul style="list-style-type: none"> • 軌道 • 充氣模組 	<ul style="list-style-type: none"> • 方便門開闔 • 充排與按摩功能 	<ul style="list-style-type: none"> • 方便門開口大小 • 充排氣設計 	<ul style="list-style-type: none"> • 方便門開口大小 • 按摩功能 	<ul style="list-style-type: none"> • 規格檢驗 • 報告撰寫 	<ul style="list-style-type: none"> • 作品展示 • 使用者體驗 • 討論與未來

圖12. 實作研發步驟

肆、 實驗步驟與方法

一、 實驗所需之設備材料與工具

經上述問題的釐清，功能的具體規劃後，本次實作研究之實驗設備羅列如下表：

(一) 使用材料

材料名稱	材料圖片	材料用途及功能
Arduino 板		Arduino 板可以下達切換電位的指令，以及為繼電器提供 5V 的電。
繼電器		利用高低電壓來進行電路的開關控制，可以將系統設定成常開或常關，以及安全保護、轉換電路等功能。
電動軌道/ 軟管		帶動氣墊套伸縮，可以安置皮帶，用於移動氣墊套，軌道為鋁合金可以進行裁切，購買長度為 70cm，雙層，寬高約 3.5x2 公分。
開關盒		用於安裝電路板與控制板，並作為按鈕的面板控制空間。
電源 供應器		電源供應器可以在居家的時候當作輪椅的供電系統，持續供應的穩定電流可以避免設備在運行過程中停止。

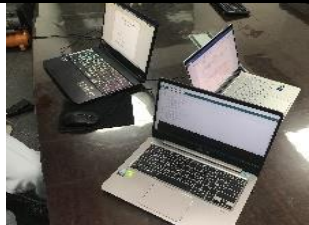
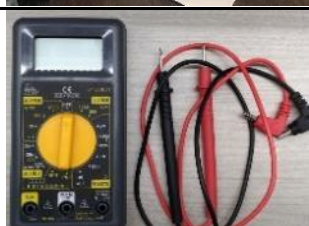
<p>電瓶</p>		<p>免加水鉛蓄電池 12V7.2Ah，重 2.1kg，15x6x9cm，可以提供 12V 的電源來促使電機馬達的運作，在外出或無插座的地方可供使用。</p>
<p>鋁棍</p>		<p>鋁棒具有輕便且具備承重的特性，且因為具備可以二次加工的特性，團隊在金屬截面進行了手動攻牙的工藝，使用 M4 的攻牙器，製作了可以供拆卸與固定的功能，且相較其他一般的中空金屬棒(鐵棍、不鏽鋼)更方便施工與支撐人體。</p>
<p>可收摺充氣墊</p>		<p>此充氣墊是我們作為支撐的器具，又能防止壓瘡的發生，可以藉由切換充氣跟排氣狀態來達到按摩的功能，並且在排氣狀態可以被折疊收納，以坊間可以尋覓到的露營用枕頭大小較為合適 26x40x10Cm，具備止逆氣嘴。</p>
<p>布料</p>		<p>本次研究布料可以用於包裹乳膠墊，使其具備美觀與防汗功能，另外作為縫製氣墊套的材料有兩種材質，上層布料較軟，下層布料較為堅硬。</p>
<p>木質基座</p>		<p>5mm 厚度環保合板，60cmx60cm，作為支撐的底座，經適當的裁修以滿足本次實驗的要求，可用手動線鋸，進行中間開孔的施作，並用於支撐滑軌系統、直流馬達、滑軌電路板等電機的基座。</p>
<p>充排氣幫浦</p>		<p>為一般露營用的打氣幫浦，並具備一頭充氣、另一頭吸氣的功能，可以跟電動氣閥組合成充氣/排氣模組，為充氣墊進行充氣及排氣的動作，也可用於按摩使用者的臀部。</p>
<p>電動電磁閥</p>		<p>具備氣體管路的閉鎖與開啟功能，利用 0V/12V 電壓切換來進行氣閥的開啟，我們採用的是常閉式的氣閥，可以與上方的充排氣幫浦，組成充氣/排氣模組。</p>
<p>電路板(又稱萬用板)</p>		<p>所有跟按鈕有關的電路都被設計在萬用板上，因此萬用板上焊有電線、單心線、電阻，其中電線分別是火線和地線。</p>

齒型皮帶 與齒輪		由於我們的馬達是透過轉動齒輪來帶動行進，所以我們使用有別於一般皮帶的齒型皮帶，來帶動帶有氣墊套的卡榫移動。
窗簾軌道		直流馬達將只帶動一個鏈結前進，其他鏈結將會透過窗簾軌道一起被帶往向前。
MPS20N00 40D-D 壓力 感測器		感應充氣墊內的壓力，MPS20N0040D 型號可以偵測 0~40kPa 的壓力變化，本研究透過 Arduino 的類比輸入介面進行量測，當壓力值超過設定值時會停止充氣，反之，當壓力值小於 0.2Kpa 時會停止排氣，而程式設計在按摩模式中，會控制氣壓在指定的壓力間變化。
電機 控制板		電機控制板會控制直流馬達的正轉與反轉，進而控制軌道運轉方向，且電路板內建電流過載保護，當電機正常運轉時大約要消耗 1A 的電流，但當運行到我們設定的停止點時，因為運轉受阻電流會拉到 2A 以上，便會觸發過載電路進而中斷馬達的電源，達到運行到指定位置時自動停止的效果。此外，該電路板還具備 110V/220V 交流電轉換為 12V 與 24V 直流電的功能，24V 可以作為軌道馬達使用，12V 可以作為充氣/排氣幫浦電源。

(二) 使用軟體

軟體名稱	用途
Arduino IDE	撰寫程式碼
文書編輯軟體	Ms Office、X-mind、Endnote

(三) 研究設備

設備名稱	設備圖片	用途
電腦		我們透過電腦撰寫 Arduino 的程式，以及規劃電路圖的连接。
三用電表		三用電表在我們進行電路設計時，幫忙除錯以及偵測目前流經電壓。

砂輪機		我們在老師的指導監督下使用砂輪機，切割鋁材、軌道、鋁棒與打磨螺絲用。
電鋸平台		桌上型，方便用於木板裁切
電鑽		方便進行組裝與攻牙
手工具		尺規、線鋸、十字起子、老虎鉗、斜口鉗等
分貝計		可測量出聲音大小，本實驗將測量充排氣幫浦聲響之分貝數


二、實作實驗流程



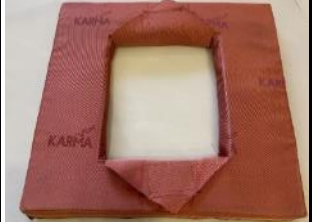
接下來，我們將一步一步來說明方便椅組裝開發實作的步驟與流程，首先會分別針對各單元進行開發，最後進行整體『方便椅』的組裝測試。

(一) 木質座墊基板的開發

座墊的基本設計，除了要具備支撐，還需要具備方便裁切、固定零件等功能，是以選用了 5mm 的木質合板來進行，細節如下表 4。

表4. 木質座墊基板開發步驟表




步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	量測現有輔具-輪椅	量測輪椅座墊的支撐結構與尺寸，輪椅座墊布面尺寸 51x42cm，兩側各採用自攻牙螺絲 5 顆固定於鐵桿上，觀察量測後將輪椅拆除。	


2	量測現有輔具-便椅	量測便椅座墊的中空尺寸，便椅座墊整體尺寸46x42cm，中間孔洞大約26x26cm。	
3	裁切承載木板-木質合板	將我們採購5mm的合板，依座墊大小51x42cm進行裁切，並於中央裁切出約26x26cm的方孔。	
4	舒適乳膠座墊	依照木質基板的尺寸與開口進行裁切，並裁縫布料包裹，達到美觀與防汙作用。	

(二) 充氣墊與氣墊套結合開發

充氣墊本身因為密合性，無法透過縫合或夾具固定於軌道上，因此需要一個有效的帶動方式，是以團隊進一步設計了一個『氣墊套』來裝充氣墊，並將氣墊套進行打孔後裝上雞眼釘，讓窗簾的扣環來帶動整個氣墊套伸縮，且為了讓充氣墊確實膨脹，氣墊套上層表布與下層底布採用了不同材質，如下表5。

表5. 充氣墊與氣墊套開發步驟表

步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	充氣墊觀察	採用常規之充氣墊，因為必須氣密，無法進行縫合或夾具來固定，除非訂製專用氣墊，但在目前開發階段成本太高。	
2	製作氣墊套	由軟硬兩片布料縫製而成，上層質軟下層較硬，軟質布面具備一定的膨脹空間，因此在縫製時預留氣墊套上方少許伸展空間，中間放置充氣墊，由於充氣墊無法直接固定在軌道上，所以有了氣墊套的設計。	
3	氣墊套與軌道的連接	氣墊套上下方位置車縫一個連桿的管狀空間，置放鋁棒並連接電機，仿效窗簾連動的方式，透過雞眼釘提供與軌道的連接點，進而與軌道連動，使氣墊套具備伸縮的功能。	

4	氣墊套裝上滑軌	實作成功把充氣墊裝進自行設計的氣墊套，並將氣墊套與滑軌結合，在不傷害充氣墊的情況下，也無需客製化的方式下，成功連結並帶動氣墊套的伸縮。	
---	---------	---------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

(三) 電機軌道的選用

雖然仿效窗簾機作動，坊間已經有許多產品，但在決定電動窗簾機的型態時，有非常多的種類各有其優缺點，其中也包含了門窗開合電機，因為作動方式與功能也滿足我們的要求，所以納入評估的範圍。針對這部分團隊花了非常多的時間來進行評估，主要針對重量、體積、功耗、推力、安裝位置，以及最重要的移動進程進行分析比較，如下表 6。

表6. 軌道電機之分析比較表

圖片					
名稱	a. 捲線式窗簾機	b. 簡易橫杆移動機器人	c. 氣壓伸縮桿開窗機	d. 鍊條式電動開窗器	e. 橫拉式電動開窗機
重量	超重(1)	微輕(4)	重(2)	適中(3)	輕(5)
體積	大(2)	小(5)	超大(1)	適中(4)	有點大(3)
功耗	高(1)	極低(5)	高(1)	高(1)	適中(3)
推力	適中(3)	弱(1)	強大(5)	大(4)	適中(3)
移動進程	長(5)	短(1)	長(5)	長(5)	長(5)
安裝位置	困難(1)	簡單(5)	適中但是總長度很長(3)	適中但是會卡到輪子(2)	適中(4)
總分	13	21	17	19	23

如上表 6 所示，如何在輪椅狹小的空間中放入兩條能帶動氣墊套，又能夠符合安裝上輪椅規格的滑軌，是我們此次實作中一個很大的重點以及瓶頸，我們比較了五款電機裝置的各項特徵及優缺點，並透過各個面向比較出來的結果，換算成分數的形式進行評比，之後在五款電機裝置中選擇分數較高的，同時分析為何另外四款電機裝置沒有被我們選中：

1. 捲線式窗簾機，13 分：捲線式窗簾機是五款電機中得分數最低者，它的重量重達 1.37kg 約等於其他電機的總和，這樣的重量被評分為超重；同時，它又擁有偏大的體積，進而造成安裝上的困難，但它具有移動進程長的優點和適中的推力，但是整體而言並不適合，所以我們並沒有選擇它。
2. 簡易橫杆移動機器人，21 分：簡易橫杆移動機器人獲得了第二高的分數，重量適中、體積小、耗能低、好安裝，唯二的缺點就是推力偏弱、進程短。雖然如此我們並沒有選擇它，並不是因為有分數比他高的電機而是它的移動方向完全不合適本次實作設計，所以簡易橫杆移動機器人也從選擇中剔除。
3. 氣壓伸縮桿，17 分：氣壓伸縮桿的體積和高耗能，是導致它獲得低分的主因，雖然其他項目的分數有達到平均值，但是開窗機是將窗戶氣壓伸縮桿，安裝到氣墊控制裝置的承載木板上，過大的尺寸導致無法放上承載木板是致命的缺點，因此被我們淘汰。


4. 鍊條式電動開窗器，19 分：電動鍊條式開窗器推力大、移動進程長，但是體積不小且高耗能，並且如果安裝機器會在輪椅的中心點，進而卡到輪椅的椅子導致輪椅的移動問題，所以因為位置不適合被淘汰。
5. 橫拉式電動開窗機，23 分：橫拉式電動開窗機是得分最高的，重量相當的輕，並且有足夠的推力和移動進程，並且安裝方式也很簡單，沒有太多可以詬病的點。唯一的缺點就是長度較長，必須再經過改良。

經由上述的比較，我們最後選擇橫拉式電動開窗機，作為我們本次實驗的軌道電機，這是目前而言，我們能夠想到較為合適的解決方案。

(四) 充排氣模組

為了填補便椅所造成的空洞，必須將充氣墊充滿氣讓座墊處於膨脹狀態，再加上額外的按摩功能，一套完整的充氣與排氣模組是不可或缺的。因此，要如何組裝出兼顧完整性、低複雜性，以及避免氣墊氣體外漏的充排氣模組，是團隊所遇到的瓶頸，為了不使整體模組太過複雜，我們將充排氣管線匯集至同一條管道，為解決氣體從氣閥連接空隙中洩漏，我們在隙縫處纏上『止水膠帶』便是我們的一大巧思，如下表 7。

表7. 電機軌道輪椅組裝步驟表

步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	馬達連接氣閥	將兩顆分別為充氣及排氣的馬達，透過透明塑膠管連接電動氣閥，如此一來在充排氣時透過電動氣閥同時的開與關，便可將氣體輸入及排出。	
2	T 字形連通管連接	在 T 字形連通管的左右兩個開口，分別接上步驟 1 所提到充氣與排氣氣閥連接出來的塑膠管，使氣墊的充排氣從同一管道進出。	
3	壓力感測器安裝	在連接上氣墊的塑膠管上，安裝壓力感測器模組 MPS20N0040D，並安置至於控制電路盒內，藉由 Arduino 定時量測充氣墊壓力值，依據文獻之壓力值建議，控制充排氣的停止。	
4	連接充氣墊	將上述裝置與充氣墊以透明塑膠管連接，至此充排氣模組完成組裝。	

(五) 控制面板

我們在輪椅的控制面板上共安裝了 7 個按鈕，如下圖 13 所示。上面的按鈕分別是幫浦電源、加壓、減壓、按摩、方便門開、方便門關、方便門總電源，透過這些按鈕我們可以經由高低電位的切換來控制電機的運作，但途中還需要用到繼電器來控制其電源的預設狀態為常開或常關，所以我們將繼電器組設置在按鈕盒旁邊。



圖13. 按鈕裝置設計

下圖 14 是『方便門』的完整電路設計圖，從圖中可以分割成四個部分，分別是：1 按鈕盒、2 電路板、3 Arduino、4 繼電器與馬達組，由按鈕盒來作為觸發媒介，使 Arduino 轉換繼電器的電位來觸發各個馬達運作。

1. 按鈕盒

我們將電路板和 Arduino 裝在按鈕盒下方，並使用 trigger 的方式來撰寫這些按鈕的程式。由於是 trigger 的關係，這些按鈕沒有開關之分，只有高電位狀態和低電位狀態，藉由快速切換按鈕狀態來觸發指令，同時可以避免不同指令同時運作。

2. 電路板

我們的電源是由一個 5V 的電源來提供，而電路板上的電路主要是按鈕的電路，五條路線分別對應了 5 個按鈕。我們分別在電路板上接了一條 VCC 和 GND，來控制按鈕的電源，再來每個按鈕都要接一個電阻到單心線，以確保電線不會被燒壞，之後再把單心線接到各個按鈕的對應腳位。在最後當按鈕被按下後，電路將會形成通路進而觸發此系統所連接的腳位，每個按鈕都將各自形成一個系統，所連接的腳位也各有不同，但是按鈕到腳位的電路圖都是一樣的。

3. Arduino 板

Arduino 板是我們控制所有硬體的核心，Arduino 板上有兩個 GND 接孔和一個 5V 接孔來做為按鈕和馬達的電源來源，因為要維持 5V 的電源我們需要接一個 5V 的外接電源給 Arduino 板，Arduino 板上還有 13 個腳位，我們用到了其中的 9 個腳位，分別是按鈕用到了 5 個(5、6、7、8、12)，硬體用到了 4 個(1、2、9、10)。

4. 繼電器與馬達組

我們所有的硬體皆是由繼電器組來控制狀態，繼電器的主要優點是它們可以隔離控制信號和輸出信號，這意味著當輸入信號被切斷時，輸出信號仍然可以保持穩定。此外，繼電器可以通過將不同的繼電器組合在一起，來實現較複雜的控制功能，因此它們是控制系統中非常重要的一個組件。本次實作中我們用到了四個繼電器，第一顆繼電器控制的是滑軌伸出；第二個繼電器控制的是滑軌收回；第三個繼電器控制的是充氣馬達；第四個繼電器控制的是排氣馬達。這四個繼電器的接點都接到了繼電器的共接點(COM)和常關(NO)。當繼電器接收到一個輸入信號時，電磁鐵會被激活吸引鐵心，使開關閉合或斷開，這樣繼電器就可以將一個信號轉換成另一個信號。

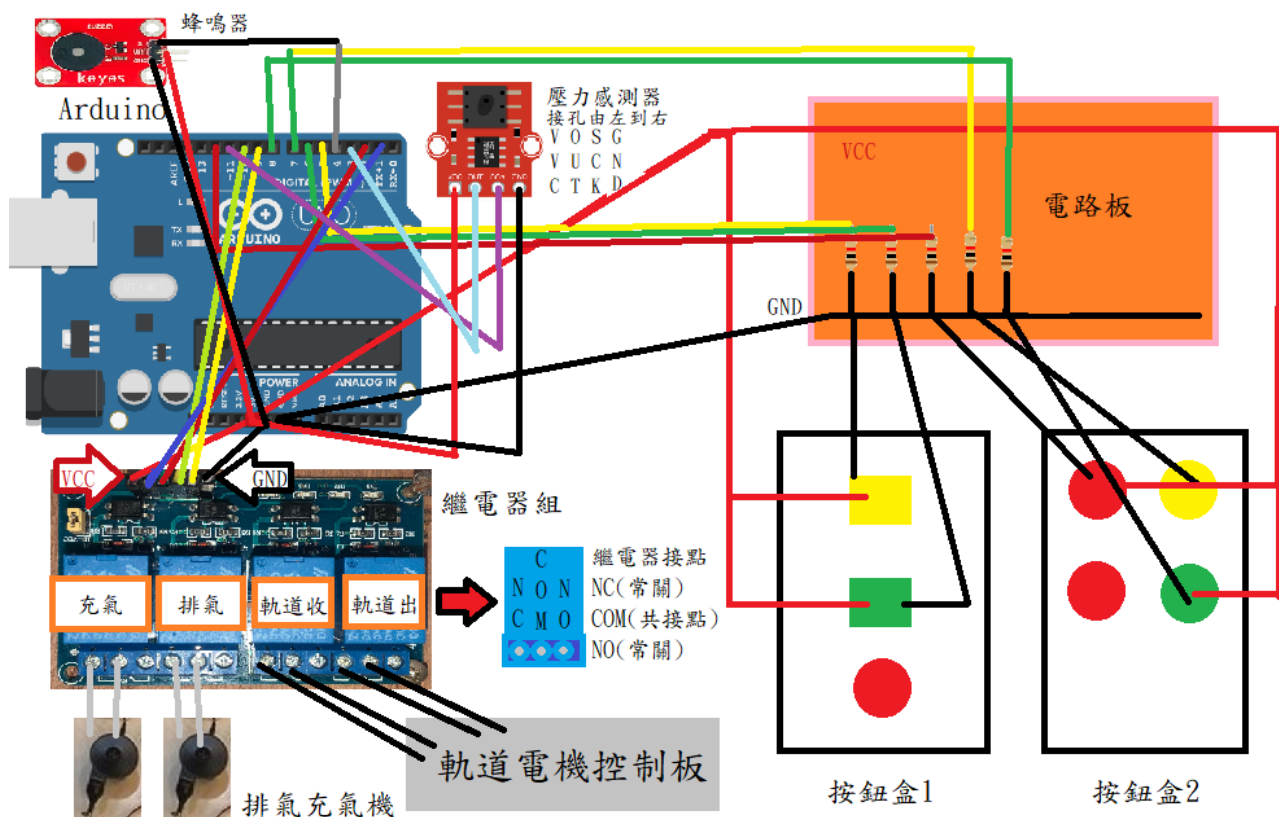


圖14. 整體電路設計圖

(六) 程式撰寫

每個設備要運作，都需要一顆按鈕來做為觸發的媒介。例如：直流馬達的控制是藉由控制其電位的高低來決定它的運作方式，所以我們撰寫了三個函式来控制直流馬達的行為，之後靠不同的按鈕来控制要驅動哪個函式，如下表 8 所示。

表8. 按鈕腳位設計和電機程式

程式碼截圖	程式碼說明
<pre>const int Out = 1; // 定義常數 Out，其值為 1，代表軌道向內 const int In = 2; // 定義常數 In，其值為 2，代表軌道向外 const int Button_out = 5; // 定義常數 Button_out，其值為 5，代表方形黃色按鈕 const int Button_in = 6; // 定義常數 Button_in，其值為 6，代表方形綠色按鈕 const int Button_suck = 7; // 定義常數 Button_suck，其值為 7，代表圓形黃色按鈕 const int Button_blow = 8; // 定義常數 Button_blow，其值為 8，代表圓形綠色按鈕 const int wind_sucker = 9; // 定義常數 wind_sucker，其值為 9，代表吸氣風扇 const int wind_blower = 10; // 定義常數 wind_blower，其值為 10，代表吹氣風扇 const int Button_mus = 12; // 定義常數 Button_mus，其值為 12，代表圓形紅色按鈕 bool Outer = false; // 定義布林變數 Outer，其初始值為 false int button_out_state = LOW; // 定義整數變數 button_out_state，其初始值為 LOW (低電位) int button_in_state = 0; // 定義整數變數 button_in_state，其初始值為 0 int button_suck_state = 0; // 定義整數變數 button_suck_state，其初始值為 0 int button_blow_state = 0; // 定義整數變數 button_blow_state，其初始值為 0 int button_mus_state = 0; // 定義整數變數 button_mus_state，其初始值為 0</pre>	<p>這段程式碼定義了一些常數和變數，用於控制一個裝置，其中包含按鈕、風扇等元件，以及一個按摩按鈕。這裡定義了一些常數，包括 Out 和 In，其值分別為 1 和 2，Button_out 和 Button_in，其值分別為 5 和 6，Button_suck 和 Button_blow，其值分別為 7 和 8，wind_sucker 和 wind_blower，其值分別為 9 和 10，以及 Button_mus，其值為 12。變數 Outer 被定義為一個布林變數，其初始值為 false。其餘變數被定義為整數變數，其初始值為 LOW、0 或未指定。</p>

```

void setup() {
  //設置 Out 和 In 為輸出引腳，Button_out、Button_in、Button_suck、
  Button_blow 和 Button_mus 為輸入引腳
  pinMode(Out, OUTPUT);
  pinMode(In, OUTPUT);
  pinMode(Button_out, INPUT);
  pinMode(Button_in, INPUT);
  pinMode(Button_suck, INPUT);
  pinMode(Button_blow, INPUT);
  pinMode(Button_mus, INPUT);
  pinMode(A0, INPUT);

  //設置 wind_blower 和 wind_sucker 為輸出引腳
  pinMode(wind_blower, OUTPUT);
  pinMode(wind_sucker, OUTPUT);
  //將 Out、In、wind_sucker 和 wind_blower 的初始電位設置為高電壓
  digitalWrite(Out, HIGH);
  digitalWrite(In, HIGH);
  digitalWrite(wind_sucker, HIGH);
  digitalWrite(wind_blower, HIGH);
  int pressure = analogRead(A0);
}

button_out_state = digitalRead(Button_out);

if(button_out_state == HIGH && Outer == false){
  digitalWrite(Out, LOW);
  digitalWrite(Out, HIGH);
  delay(1500);
  digitalWrite(wind_blower, LOW);
  while(perssure < 1.3){ //4kpa
    delay(10);
  }
  digitalWrite(wind_blower, HIGH);
  Outer = true;
}

button_in_state = digitalRead(Button_in);

if(button_in_state == HIGH){
  digitalWrite(wind_sucker, LOW);
  while(perssure > 0.5){
    delay(10);
  }
  digitalWrite(wind_sucker, HIGH);
  digitalWrite(In, LOW);
  digitalWrite(In, HIGH);
  Outer = false;
}

button_suck_state = digitalRead(Button_suck);

if(button_suck_state == HIGH){
  digitalWrite(wind_sucker, LOW);
  while(perssure > 0.5){
    delay(10);
  }
  digitalWrite(wind_sucker, HIGH);
}

button_blow_state = digitalRead(Button_blower);

```

這段程式碼是用於初始化微控制器的引腳。它定義了幾個引腳為輸入引腳，其他引腳為輸出引腳。同時，它還將所有輸出引腳的初始電位設置為高電壓，這樣可以確保在程序開始運行時，輸出引腳處於預期的狀態，並且透過類比腳位 A0 接受壓力感測器的值並輸入到 pressure。

這兩組程式分別是軌道出跟入的函式，兩者皆由一個判斷函式起頭。首先要判斷目前按鈕的電位，若為高電位則執行指令，反之不運作。而軌道出的函式還多了一個判斷目前軌道是否已被推出的函式，來避免在狹小空間充氣導致氣墊破損。送出軌道的函式，將先快速切換直流馬達的正轉腳位，等到氣墊完全推出後再進行充氣。送回軌道的函式，將先進行排氣的函式，等到氣體被排出後快速切換直流馬達的逆轉腳位。在充排氣的時候，我們會透過 pressure 來確定目前的氣壓值，如果達到我們所預定的目標則會停止。

這三組是跟排氣充氣有關的函式，同樣由一個判斷函式起頭，並且若有涉及到充氣則還需要判斷是否有將氣墊送出。再來要判斷目前按鈕的電位，若為高電位則執行指令，反之不運作。充氣和排氣的函式都是由切換對應馬達的電位高低來運作，若要進行按摩的函式則會先充氣再排氣。

```

if(button_blow_state == HIGH && Outer == true){
digitalWrite(wind_blower, LOW);
while(perssure < 1.3){ //4kpa
delay(10);
}
digitalWrite(wind_blower, HIGH);
}

button_mus_state = digitalRead(Button_mus);

if(button_mus_state == HIGH && Outer == true){
digitalWrite(wind_sucker, LOW);
while(perssure > 0.5){
delay(10);
}
digitalWrite(wind_sucker, HIGH);
delay(1500);
digitalWrite(wind_blower, LOW);
while(perssure < 1.3){ //4kpa
delay(10);
}
digitalWrite(wind_blower, HIGH); }

```

(七) 控制板組裝

將程式燒入 Arduino 控制板後，將進行電路的測試與組裝，如圖 15。本團隊使用常見的控制開關盒來進行安裝，開關盒具備面板可以改裝，並且中間的空間足以置入 Arduino 版、電路板以及壓力偵測器，如圖 16。此外，並透過壓力感測器實際量測壓力變化的情形來控制氣墊的充排氣，如圖 17。

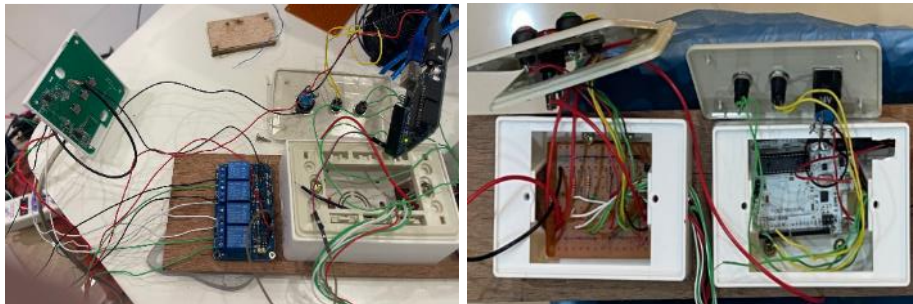


圖15. Arduino 板的開關連接安裝測試

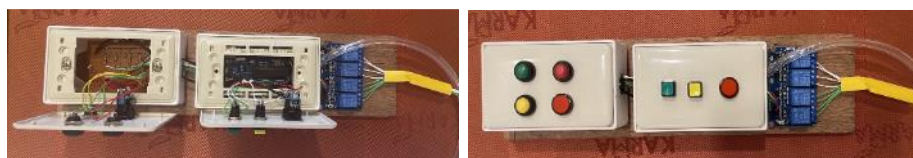


圖16. 按鈕與繼電器結合控制模組裝完成圖

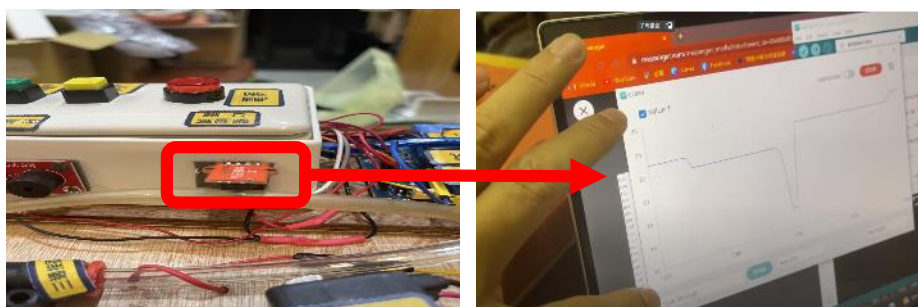


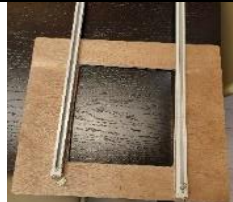






圖17. 透過壓力感測器，實際量測壓力變化的情形來控制氣墊的充排氣



伍、 實驗測試與改良

一、 實驗測試

完成各個模組之後將進行整體的組裝與測試，組裝步驟如下表 9。

表9. 『方便椅』整體組裝測試步驟表

步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	移動軌道固定	將滑軌固定在已經裁切好的承載木板上(右方圖片其中一個會換成電機軌道模組)，固定時由於軌道寬度的限制，我們還將螺絲進行切割，使其能順利安裝到軌道中間	
2	加裝電機軌道模組	把電機軌道裝上承載木板的洞旁，並將馬達拆下來固定於旁邊	
3	氣墊套裝上滑軌	將氣墊套安裝於移動軌道上，並將充氣墊放進氣墊套內	
4	充排氣裝置固定	將充排氣馬達固定於電機軌道旁，並將充氣管裝上(固定於電機模組旁)	
5	進行充放氣測試	接著進行充排氣的測試，驗證充氣座墊是否能夠有效地膨脹支撐，經實驗後，座墊充氣正常	
6	測試安裝於輪椅上	在安裝於輪椅後，發現安裝於側邊的充氣與排氣模組，其位置會與輪椅的 X 型骨架交錯，無法平置	
7	關閉方便門測試	經測試後，軌道電機可以在氣壓為 0.2Kpa 以下扁平時推出，然後進行充氣，並可以將氣墊打足 4Kpa 時停止打氣，可以順利關上方便門	

8	打開方便門測試	經測試後，按下打開方便門時，排氣模組作動，待氣壓到達 0.2Kpa 以下時，軌道電機開始後推氣墊套，順利打開方便門，但開口大小不足	
9	按摩按鈕測試	當按下按摩按鈕時，充排氣模組可以在指定的氣壓之間來回充排氣，達到適度的按摩功能	

經實驗後，發現 1 充排氣裝置的安裝位置不適合，且沒有其他空間可以運用，2 方便門的開口受到氣墊袋的收納空間擠壓，開口空間不足，3 氣墊的支撐不足，因此以下將進行上述問題的改良與優化。

二、 充氣墊承受重量之探討

由於每個使用者的體重不同，充氣坐墊會因為使用者重量而改變氣墊的壓力值，如何計算合適的氣壓值，必須針對耐重與壓力的關係，由於人體與氣墊的直接接觸面積與座墊其他部位的範圍約為 1/4~1/2 之間，是以座墊承受的重量不會大於體重的約 1/2。為了理解人體體重與氣墊壓力變化的情形，本團隊進行實驗量測，於氣墊上方放置木板使其受力面積均勻，如下圖 18。

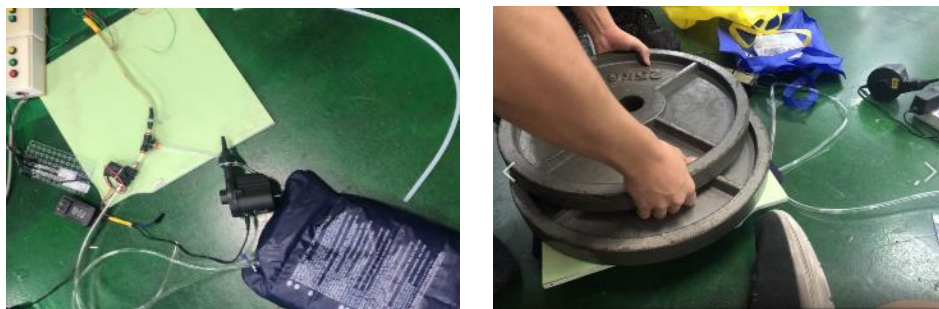


圖18. 重量與氣墊壓力的關係量測

本次量測以每 5Kg 為一個級距，氣墊不承受任何負載時，充氣至 2Kpa(坐標軸 50)的位置，每次增加 5Kg 觀察壓力的變化，為達精確，每次量測氣墊壓力都會歸回到 2kpa 後再放上負載，其量測數據分析結果如下圖 19。可以發現氣墊壓力會隨著重量呈現線性的變化，當槓鈴重量達到 65kg 時氣墊壓力會達到 3.2Kpa，這能提供給我們針對不同體重的使用者，來修正充氣墊充氣壓力的參考值。

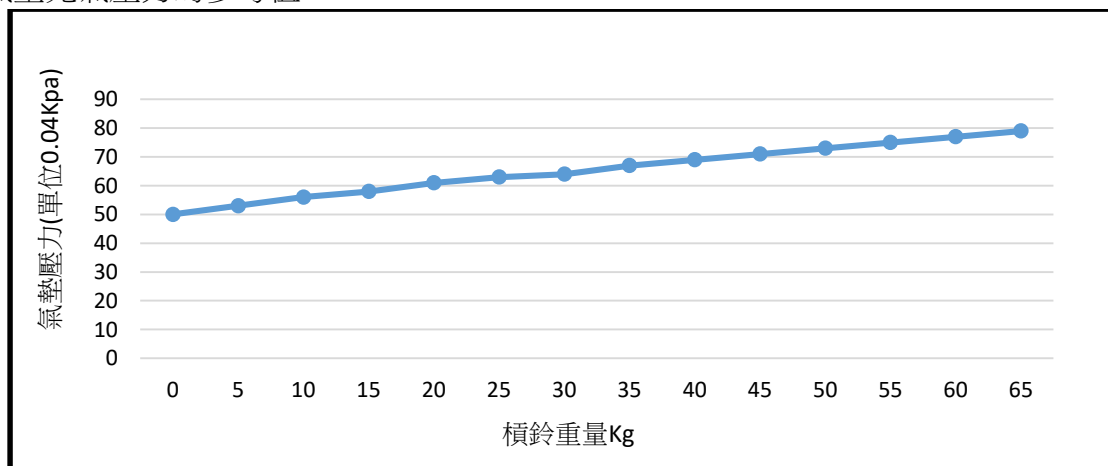


圖19. 氣墊壓力與重量的關係

三、改良與優化

實作雛型完成後，在電機軌道可移動的範圍與所佔用的空間上，出現了方便門移動空間不足，電機、幫浦等安裝空間不足的問題，另外氣墊套的可盛載重量也不夠，是以本團隊針對上述問題進行了探討與改進。

(一) 電機軌道的改良

針對電機軌道部分，原本軌道的規格是 70cm，方便門可移動距離 30cm，在目前的空間上顯然過長。經過仔細的觀察後發現，電機上方的控制電路板佔據了 10cm 的長度，如果將電機控制電路板拆下，改安裝於木質基板上，可以減少軌道的長度 10cm。再者，將原本的前方牽引頭由 4 節裁切為 2 節，可以再獲得 5cm 的移動距離，所以軌道可以再減少 5cm，另外前方的皮帶鬆緊調整螺絲與腳位，經調整後可以再減少 4cm 的空間，再加上停止點的調整可以省下 2cm 的移動空間。因此，軌道長度整體縮減 10+5+4+2 cm 為 21cm，軌道長度整體縮減為 49cm，然而原本木質基板長度只有 42cm，顯然還不能完全安裝上去。團隊反覆觀察馬達電機的安裝為 180 度水平於軌道的運動方向，經拆解後發現也許可以將電機以 90 度角的方式放置，只要做好固定的工作，軌道依然可以正常運轉，是以可以再縮減軌道長度 10cm，讓整體軌道長度縮短為 39cm，而在 39 公分的軌道長度下，仍具有 30cm 的移動距離，經量測後氣墊套的伸縮距離大約有 4cm，可以使方便門的實際開口還有 26cm 的大小，達到原本設計的初衷。然而，整體的安裝與原本移動的中心點無法吻合，再加上電機與幫浦的固定，以及布料所佔的空間，必須向後延伸整體木質基板的長度，又為了避開輪椅的樑柱，是以採用了『凸』型的木板剪裁，可以增加電機軌道伸縮的空間，如下表 10。


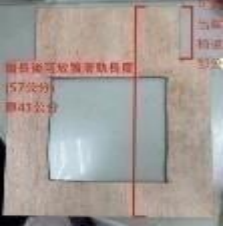



表10. 電機軌道改良步驟表

1	原本電機軌道	長度 70cm 可移動 30cm 開口呈現 20cm	
2	變更控制板位置	長度 60cm 可移動 30cm 開口呈現 20cm	
3	縮短前方引導片與鬆緊調整器，縮短 9cm，定位點移動可增加 2cm	長度 49cm 電機可移動 30cm 開口呈現 20cm	
4	電機與軌道成 90 度安裝	長度 39cm 電機可移動 30cm 與開口中心點偏移 10cm 開口呈現 20cm	

(二) 電機安裝位置的改良，輪椅座墊形狀改為『凸』字形增加固定空間

我們將電機滑軌轉向 90 度後，延伸了軌道的運作長度，但如何固定電機以及充排氣幫浦還是需要克服，因為原本的輪椅下方有可收摺的 X 型骨架，所以無法置放於原本座墊下方，因此我們將木板裁切成『凸』字形(表 11.-b)，凸出的部分大約有 15 公分，可以穿過輪椅的靠背，讓靠背後方有一小部分的突出(表 11.-c)，這樣電機、幫浦即可安置於座墊後方，且為增加舒適性，增加了前方座墊的大小(表 11.-d)，方便門推出後電機也比較有空間可以隱藏，所以將開口向後移動，如下表 11.-d 第四版座墊的改良。




表11. 木質基板改良進化表


			
a. 第一版，原本木質基板形狀為四方型	b. 改版，增加凸出的部分，大約 15 公分	c. 凸出部位可以穿透靠背，安置電機與幫浦	d. 前方基座增加 15cm，座墊也增加 4cm 較為舒適美觀
凸型木板的設計，可以將中心向後延伸 10cm，給予更多的緩衝空間，軌道也恢復到 49cm	長度 49cm 可移動 30cm 開口可以達到 26cm		
	如右圖，打開與閉合的狀態，安置位置正確，伸縮距離恰當，開口呈現 26cm		

(三) 氣墊套支撐改良

原本利用雞鉚釘連接滑軌掛鉤的做法，在實際耐重測試後發現僅能承受 10kg 的物體就會變形，重量再增加到 20kg 後軌道鉤會與氣墊套脫離，顯然不足以承載一般人的體重。團隊思考如何增加承載重量，在觀察一般座椅的結構後，發現必須適度增加橫桿的數量，因此思考運用鋁棒來做為下方的支撐。鋁棒輕便且具備承重的特性，且因為可以進行二次加工，團隊在金屬截面進行了手動攻牙的工藝，使用 M4 的攻牙器，製作了可以供拆卸與固定的功能，相較其他一般的中空金屬棒(鐵棍、不鏽鋼)更方便施工與支撐人體，經改良後可以承重 60kg，但測試高於 70kg 負重時會導致塑膠製的滑輪斷裂，必須改用不鏽鋼的滑輪才可以提高負重達 120kg，詳細的改良步驟如下表 12。

表12. 氣墊套支撐改良步驟表

1	氣墊套鋁棒裁切、滑軌裁切、橫桿-鋁棒	製做橫桿時我們尋找了許多的材料，曾經想過要用中空鐵棒，但最後發現容易變形，所以最後使用了不會太重也不會太脆弱，直徑 6mm 的實心鋁棒，並於頭尾兩側攻牙 M4 螺牙。	
2	鋁棒與氣墊套的安裝與連動	改良氣墊套，使其中間可以穿越鋁棒，透過我們仔細挑選的螺絲與軌道在滑輪上固定。	
3	將充氣墊至於鋁棒上方	氣墊套內具備鋁棒支撐，並將充氣墊安置於鋁棒上方。	

4	更換滑輪滾	更換滑輪滾為不鏽鋼材質，增加耐重達 120kg。	
---	-------	--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

陸、 成果與討論

一、 作品成果

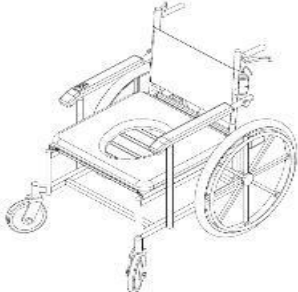
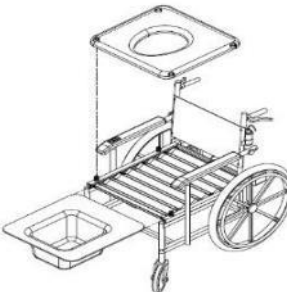
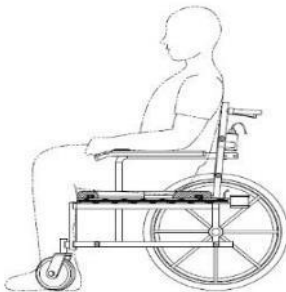
本研究設定目標與實驗達成結果，如下表 13。實驗過程依科學方法，進行發現問題、尋找解決方法、實作的改良，尤其電機、座墊、滑軌、氣墊套的調整，在經過多次的測試改良與優化後，成功完成了方便門的開合，使其具備足夠長的電機移動距離(30cm)、足夠大的如廁開口(>26cm)，以及高達 120kg 的負重，並具備有效的充氣墊支撐增加舒適度，也具備有自動循環按摩的功能，在不變更輪椅的主體結構下，成功整合便椅與輪椅兩項輔具的功能，達成本次實作研究設定的目標。

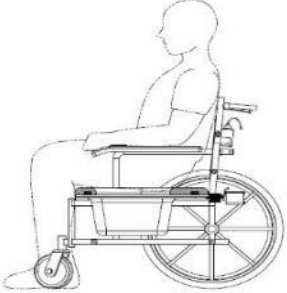
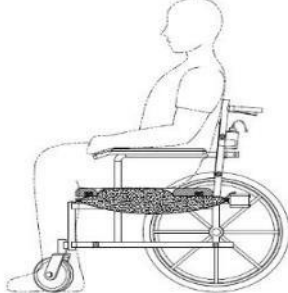


表13. 檢驗研究目標達成情形

目標項目	達成情形
(一)以不改變輪椅方便收摺的主體結構為前提進行改良。	符合
(二)將輪椅原本軟質的皮革，更換為中間開孔的木質合板，方便如廁。	達成
(三)木質合板上方便具備中間開孔的乳膠墊，增加舒適度。	達成
(四)設計一個可伸縮式收摺的座墊，在未如廁時閉合當輪椅座墊使用。	達成
(五)可伸縮的座墊內部具備充排氣墊，充氣後中空的部分具備支撐增加舒適度。	達成
(六)可伸縮的座墊具備電動充排氣功能，可對臀部進行按摩，以預防壓瘡的發生。	按摩功能達成 (但預防壓瘡尚 未能驗證)
(七)安裝控制面板於輪椅手把上，方便使用者自行操作開合與按摩。	達成

以下是實作成品結構圖以及結構說明，如下表 14：

表14. 實作結果分解說明表

		
將電機模組的按鈕開關裝置於輪椅的扶手上，而電路板就在按鈕的盒子裡面。	在組裝時先將便盆放上，再將滑軌裝上承載木板，最後固定於輪椅上。	此為滑軌伸出但尚未充氣的狀態，使用者臀部下方的方便門是中空的，坐起來會有點不適，因此需要充氣將洞填滿。

	
<p>將便盆放置在承載木板下方，在氣墊縮回的狀態下排遺，而後將便盆往前取出，即可做清潔。</p>	<p>上圖為氣墊伸出時的充氣狀態，氣墊套將方便門填滿，如此使用者可坐得更舒適，並且按下按摩按鈕後，充氣座墊會有週期性的充排氣，避免使用者長時間維持固定姿勢，如此一來就可能達到我們所設定預防壓瘡的效果。</p>
	
<p>上圖為座墊未伸出時的實體照片，座椅中間的空洞可以讓使用者在方便椅上進行排遺，以達到減少轉移輔具的頻率。</p>	<p>上圖為充氣狀態下的座墊，充氣墊會填滿方便門，避免使用者的臀部周圍處於壓迫狀態使壓瘡發生。</p>

本研究將『方便椅』的功能概要整理成魚骨圖，主要目標是為了提供行動不便的使用者，節省切換輔具的動作以降低跌倒風險的功能性輪椅，並附加充氣座墊使其舒適，另外按摩功能可能可以降低壓瘡的發生。不過因為輪椅上安裝了許多配件，造成了輪椅體積大、較不易摺疊，以及無法調整高度等缺點，期望未來得以改善，如下圖 20。

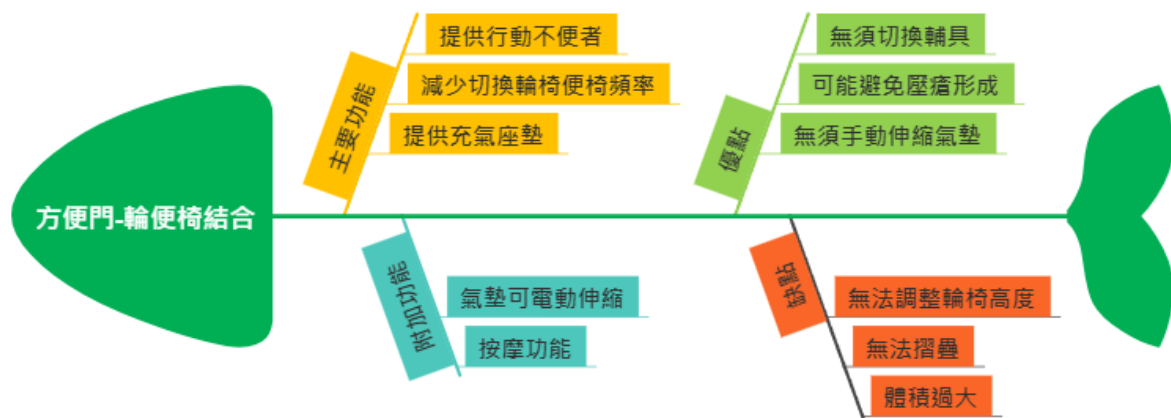


圖20. 方便門組合之研究魚骨圖


雛型成品經過 A 君外婆測試後，外婆對於方便門的創意給予極大的讚賞，電動自動開關也帶給她非常大的驚喜，對於降低便椅輪椅切換的次數非常的受用，另外對於本實作研究的充氣座墊按摩功能感到不可思議，還會自我娛樂有搔癢的感覺可以增加大便的頻率。本作品也找了長照據點的長者進行展示，並提供給兩位長者試坐，兩位都對本項發明給予高度的肯定。雖然目前對於預防壓瘡的功能還需要進一步來驗證，且設計離商品化還有一些問題待解決，如便盆的深度等問題將在下一節進行討論。

二、 討論

(一) 輪椅的收摺功能，影響下方便盆的空間

現今的輪椅設計，著重於收納攜帶與移動，所以主體結構下方為 X 形骨架，方便輪椅進行收摺，但因為位置剛好在原本的便盆正下方，因此便盆的深度就受到了限制，必須將原本桶形的結構，改成類似抽屜的構造，這等於壓縮了便盆的承載容量，且因為抽屜高度較淺，有可能形成飛濺的情形，未來可以考慮犧牲摺疊功能，如電動輪椅般不能收納，來加大座墊下方的空間，便可以採用原本的桶形設計，也可以增加電池的擺置空間，或是採用袋狀軟質的拋棄式穢物袋來延伸收納空間，以及解決飛濺的問題，如下表 15。

表15. 輪椅收摺影響分析

			
a. 輪椅 X 形骨架方便收摺	b. 收摺後方便攜帶	c. 筒狀與抽屜式的深度差異多 2~3 倍	d. 可拋棄式穢物袋

(二) 電動機滑軌設計改良

為了在有限的長度內可以增加到最大的軌道移動距離，讓方便門的開孔大小可以滿足使用者如廁的需要，所以我們將直流馬達的驅動與滑軌的構造改為 L 形結合，但仍然還存在一些問題，問題就是我們將皮帶軌道運動方向與電機軌道擺置成 90 度，馬達側向的拉力與皮帶的作用力方向不一致，會造成軌道的位移，當帶動氣墊套的卡榫伸縮到底時，馬達的齒輪與皮帶有些許的間隙滑脫，因為馬達仍在轉動，無法製造出足夠大的電流差異，讓軌道電機到停止點後，不能自動停止。而目前可以透過電機軌道與移動軌道，在固定上增加 L 型的角鐵協助軌道的穩定，以免軌道變形，但這部分會增加未來可能故障點的發生，影響產品的穩定度。因此，未來可考慮的改良方式，會將皮帶滑軌式的電動機改為鍊條式的電動機，來帶動氣墊套前進，鍊條式電動機原本就是 90 度的設計，相對可以運行的距離大，且比較不會產生馬達空轉的情形。不過目前鍊條式的電動機重量較重、體積較大，且兩個鍊條的間距不能符合方便門的洞口寬度，是以尚未找到合適的電機來取代，未來可以考慮針對本次的實作設計進行客製化，如下表 16。

表16. 軌道未來改良構想

	
a. 軌道聯接處，增加 L 型的角鐵固定強化馬達與軌道的結構	b. 雙鍊式開窗電機

(三) 男女生理結構有別，無法一體適用所有情境

男性與女性在生理結構上的差異，在小便時的位置不同，一般的馬桶蓋前方開口比較尖，目前傳統便椅的設計開口比較圓潤，針對大號排便都沒有問題，但是男性小號時使用傳統便椅，或是我們改良後的電動方便門，在前方開孔的距離可能無法同時滿足男性使用者小便的距離，男性使用者小便時必須稍微後退才能進行如廁。坊間目前有開口型的馬孔蓋設

計，但是我們實作產品目前的座墊前方如果採用開口型態，將會弱化座墊的整體結構，反而有安全疑慮，往後可以針對馬桶蓋開口的設計來進一步改良優化結構，如下圖 21。



圖21. 馬桶蓋的比較（傳統，便椅，開口型）

（四）按摩的壓力與頻率

本次的研究有關於氣墊按摩的參數調整，主要參考(陳貴恒, 2016; 陳翰柏, 2009)兩位研究學者的建議，然針對兩篇論文都建議依照使用者的體重來進行壓力的補償，並且在氣墊床的設計上具備體重量測的功能。然而本研究之座椅，並非直接承受使用者的所有體重（因使用者腳底還有支撐點），且實際上臀部壓迫點的面積也會因為乘坐者的位置而有所不同，因此無法精準回饋使用者的體重來進行壓力的補償。(陳貴恒, 2016)指出可以多增加一組傳感設備，藉由壓力差以及實驗模擬的方法，由氣墊的壓力改變來進行體重的預估，但目前再次改良後已無空間去安裝其他傳感設備，但透過先前的氣墊壓力量測，可以推估使用者的重量後，進行修正。並藉由實測的方式進行壓力改變的調整，未來建議加裝第二組感測器來進行正精準的校正。此外，**本實作按摩氣墊是否具備醫療及防治壓瘡的效果，需待更多的實證與檢測才能進行驗證，因此不可直接宣稱具備防治壓瘡的療效。**

（五）充氣風扇噪音太大

作品運作過程中發現為了快速的充氣及排氣，充氣風扇的高速轉動會產生不小的噪音，長期受此噪音影響可能會讓使用者及旁人感到精神焦慮、耳朵不適等，在本次科展複賽評審也針對這點提出改善的期待，是以本團隊尋找其他解決方案。經比較後採用『微型真空幫浦』來取代『葉片型』的打氣幫浦，噪音值可以從原本的 86.2dB 下降到 68.2dB，共降低了 18dB，且該款真空幫浦並具備一進一出的充排氣的孔道，可以與原本的設計吻合，下圖 22 中 B 款的流量 5L/min，左邊 A 款體積較大，但流量為 15L/min，經實測後 15L/min 充排氣時間大約在 25 秒內完成，與原本的時間相近，故選用 A 款來進行幫浦改良，如下圖 23。

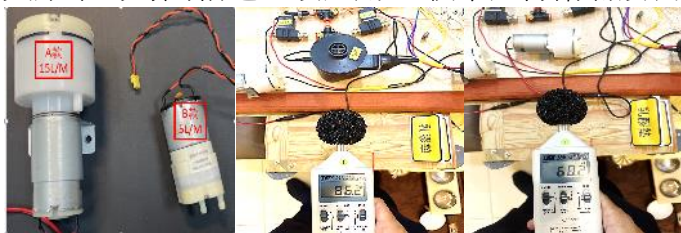


圖22. 將原本的充排氣置換為真空幫浦，噪音值下降 18dB





圖23. 變更為真空幫浦後的組裝圖

（六）扶手按鈕控制板位置

目前因為設計展示的需求以及老人家的操作需求，在開關盒內安置控制電路板，所以整體按鈕設計安置在輪椅扶手的位置，會影響原本扶手的功能(表 17-a)。因此，團隊改良使

用薄膜按鈕，並將控制電路板安置於下方電機旁，如此可以大量節省體積與扶手空間，如下(表 17-b)所示。

表17. 扶手按鈕控制板位置改良

	
a. 安裝於扶手上方方便展示使用	b. 改良使用薄膜按鈕，並將控制板安裝於電機旁，可以節省大量空間

(七) 電池續航力問題

近期電動車、電動汽車、電動輪椅盛行，但共同的問題都要回歸到電池與蓄電力，本設計在室內可以使用交流電，本身也具備兩顆 12V 鉛蓄電池(12V7Ah)，不需使用大功率的車載馬達，電機作動大約 24Vx1A，幫浦作動大約 12Vx1A，如果以平均按摩時間 1 小時計算，一天大約需要 2.5Ah，保守估計大約可以使用 5 天的時間，如果在相同重量下更改為鋰鐵電池(12V20Ah)，可以增加續航力到 14 天的時間，但相對成本較高。另外，電池的體積大小也同時影響輪椅下方的空間規劃，這都是未來朝向商品化必須考量的因素。

柒、 結論

本研究實作成品已成功將輪椅、便椅兩種輔具結合，降低老年人在切換輔具的過程中因摔倒而受傷的風險。透過不斷的實驗與優化，設計了充氣座墊進行方便門的移動，並在有限的空間內增加最大間距讓方便門開合。而充氣座墊的應用除了提供了有效的支撐外，也能巧妙的透過充氣排氣的幫浦，對使用者臀部進行按摩，雖未能直接宣稱具備防治壓瘡的療效，但對於使用者體驗有一定的幫助。此外本項作品在簡易移除自製座墊後，還是能維持輪椅本來收納的功能，以下為本研究結論：

- 一、 不改變原本輪椅收摺的主結構下，完成便椅與輪椅功能的整合。
- 二、 配有能夠伸縮自如的滑軌及按鈕面板，使用者可自由地控制方便門的開合。
- 三、 使用可充氣式座墊套支撐，讓使用者更為舒適。
- 四、 充氣座墊具有特定的按摩功能，可以提高舒適的體驗。
- 五、 可以手動調整座墊的軟硬度。
- 六、 配有電瓶，在無插座之場所仍然能夠正常運作。

本實作研究的設計理念主要關注於輪椅的實用性和安全性，我們的實作過程經過了不斷的實驗、測試與優化，以確保其強度和穩定性，最終成功地開發了這一款『方便椅』。輪椅的設計包括有充氣座墊伸縮和按摩功能，以及下方設置便盆等特殊功能，透過充氣座墊伸縮和按摩功能可以緩解長時間相同坐姿帶來的壓力，從而有可能減少壓瘡的發生，同時伸縮座墊下的便盆設計也提供了使用者更方便的解決排遺需求，特別是針對行動不便的人。輪椅的座墊和充氣墊也經過了特別的設計，以提供最佳的舒適性和支撐性，未來還將透過更多使用者的體驗來進行優化與改良。

最後，本研究於討論章節所提的部分再進行優化改良，例如：**軌道電機的設計、便器的選擇、扶手按鈕的改良、降低幫浦噪音**，甚至電池續航力的問題，以滿足更多使用者的需求。而本次作品的創意、發想與實作，的確對於輔具的設計提供了更多的解決方案，『方便椅』的作品也已同步向經濟部智慧財產局提出發明專利的申請，希望能夠在未來能獲得廠商

的支持邁向商品化，除了能夠解決 A 君同學外婆的需求外，相信能造福更多行動不便的使用者。

而這次科展的實作研究，結合了我們國高中生活科技與資訊科技課程所學，從構想、設計、採購、實作以及書面到最後的成果，我們團隊成員都受益良多、收獲匪淺，以下便是我們經過這次研究後所學習到的事物：例如團隊協作的重要性，無論是構想、設計、實作到書面報告，我們能夠共同討論並且相互鼓勵，才能夠有今日的成果。在實作部分由於需要切割並組裝零件，而許多工具大部分是我們平常沒有接觸過的，甚至具有高危險性，例如：砂輪機、鋸子、切割機以及電鑽等，這些都需要指導老師手把手教導並監督我們進行使用，而我們也在老師的指導下熟悉這些工具的運作方式以及用法。此外，對於書面報告格式排版以及使用 Word 進行成果撰寫過程中，指導老師也要求我們使用樣式、段落及大綱模式等技巧，透過自動標號、交互參照等功能，完成具有結構化與方便編修的文件，另外也學會了使用書目軟體 Endnote 編輯參考資料來符合 APA 的格式要求。

這些實務的撰稿技巧，都是我們過去從未使用的功能，相信經過這次的訓練，對於我們日後的文書編輯有莫大的幫助，另外也學會了書目軟體 Endnote 編輯參考資料。最後，是貫徹此次研究所學習到的精神，也是做科展最需要的核心素養，當我們遇到許多無論是組裝、切割，甚至是經濟上的困難時，能夠使用許多科學方法先進行分析再行動，便能夠省下不少的時間及金錢，也是能夠完成此次實作研究最關鍵的因素。

捌、 參考資料

- Barsocchi, P. (2012). Position recognition to support bedsores prevention. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 17(1), 53-59.
- Buzan, T., & Buzan, B. (2002). *How to mind map*. Thorsons London.
- Gauch Jr, H. G., Gauch, H. G., & Gauch Jr, H. G. (2003). *Scientific method in practice*. Cambridge University Press.
- Obalum, D., Giwa, S., Adekoya-Cole, T., & Enweluzo, G. (2009). Profile of spinal injuries in Lagos, Nigeria. *Spinal Cord*, 47(2), 134-137.
- Saghaleini, S. H., Dehghan, K., Shadvar, K., Sanaie, S., Mahmoodpoor, A., & Ostadi, Z. (2018). Pressure ulcer and nutrition. *Indian journal of critical care medicine: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, 22(4), 283.
- 李光展. (2015). 心智圖法教學方案對生活科技學習成就之影響 國立臺灣師範大學]. 台北市. <https://hdl.handle.net/11296/dyffh5>
- 李達漢. (2008). 預防壓瘡生成之病床創新設計：人體肌肉受力分析及支撐系統初步設計 國立中山大學]. 高雄市. <https://hdl.handle.net/11296/pbu4yg>
- 沈暉程. (2018). 長期臥床之皮膚微循環反應性充血評估 亞洲大學]. 台中市. <https://hdl.handle.net/11296/pfqx5s>
- 邢曉冬, 周., 范鵬宇 (2015). 一種可如廁輪椅車 (中國 Patent No. CN105012087A).
- 袁長蓉. (1995). 褥瘡護理的新進展. *國外醫學: 護理學分冊*, 14(3), 104-106.
- 陳勇志. (2022). 運用心智圖提升創意思考能力對工作成就影響之研究 -- 以 A 科技公司員工為例 國立雲林科技大學]. 雲林縣. <https://hdl.handle.net/11296/z3u385>
- 陳貴恒. (2016). 智慧型控制於防壓瘡氣墊床的應用 元智大學]. 桃園縣. <https://hdl.handle.net/11296/7jrdrf>
- 陳翰柏. (2009). 醫療級防壓瘡氣墊床最佳控制參數的自動設定 大同大學]. 台北市. <https://hdl.handle.net/11296/m9g88r>
- 維基百科. (2022/12/2). 科學方法. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A7%91%E5%AD%A6%E6%96%B9%E6%B3%95>
- 賴振標, 賴. (2018a). 可便溺折疊式輪椅 (中華民國 Patent No. I620555). 經濟部智慧財產局.
- 賴振標, 賴. (2018b). 可便溺折疊式輪椅(三) (中華民國 Patent No. I627948). 經濟部智慧財產局.
- 謝志豪. (2007). 可避免壓瘡之病床的創新設計-身體肌肉與關節之受力分析 國立中山大學]. 高雄市. <https://hdl.handle.net/11296/ytkm3q>

【評語】 052317

1. 本作品將輪椅與便椅兩種輔具結合，使輪椅座椅能中空提供如廁功能，並嘗試解決長期仰賴輪椅者臀部所產生壓迫性壓瘡的問題，構想具實用性，對照護領域有所貢獻。
2. 採用系統性的科學方法來進行研究，包含問題的認知與表述(設計)、實驗數據的收集、假設的構成與測試等三個步驟，內容充實。
3. 作者可以多查詢研究壓瘡生成的原因及防治方法，對氣墊的設計做改進及測試。

作品海報

輪椅改造，

提高『便利』性



便椅與輪椅功能的結合設計

摘要

1. 近年來少子化使老年人口比例快速上升
2. 輔助失能人士的輔具中，輪椅及便椅是日常生活不可或缺的
3. 在兩者間的使用**移動可能增加跌倒的風險**
4. 本研究**透過生活科技及資訊科技**所學，設計將兩項輔具結合為主要目標：第一，輪椅如何提供座位中空來進行如廁，而中空的部分沒有支撐要如何來改善；第二，長期仰賴輪椅者臀部所產生的壓迫性壓瘡如何來防治
5. 本研究就現有照護文獻與輔具發明，進行探討、發想、實作與改良，期望打造一台**能降低跌倒風險與壓瘡發生等多功能的『方便椅』**

壹、研究動機

1. 家人曾在切換輔具時不慎跌倒
2. 老人死亡原因中，**跌倒死亡佔了約16.6%**
3. **輪椅久坐容易形成壓瘡**
4. 二合一，節省空間



A君家中輪椅與便椅示意圖

貳、研究目的

1. 以**不改變輪椅方便收摺**的主體結構為前提進行改良。
2. 將輪椅原本軟質的皮革，**更換為中間開孔的木質合板**，方便如廁。
3. 木質合板上亦具備**中間開孔的乳膠墊**，增加舒適度。
4. 設計一個**可伸縮式收摺的座墊**，在未如廁時閉合當輪椅座墊使用。
5. 可伸縮的座墊**內部具備充排氣墊**，充氣後中空的部位具備支撐，增加舒適度。
6. 可伸縮的座墊**具備電動充排氣功能**，可對臀部進行按摩，可能可以預防壓瘡的發生。
7. **安裝控制面板於輪椅手把上**，方便使用者自行操作開合與按摩，如下表。

a.方便門完全開啟	b.方便門開始關閉	c.方便門關閉中
d.方便門關閉中	e.方便門閉合完成	f.方便門閉合，充氣支撐按摩

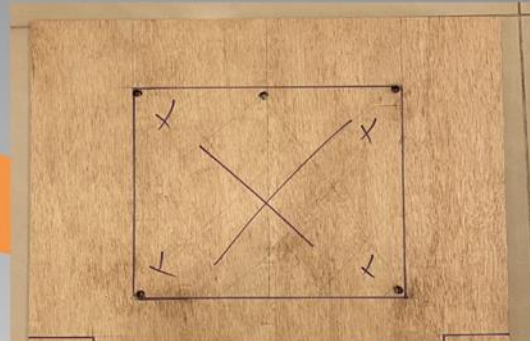
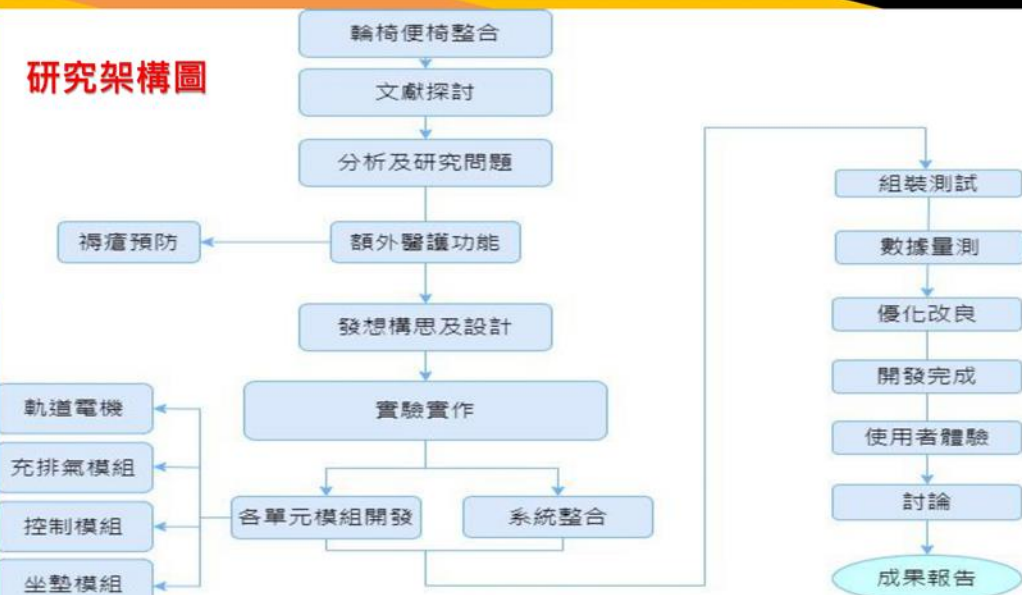
參、研究問題與架構

針對問題，團隊運用心智圖和架構圖針對問題以及特色功能，還有使用群體進行相對應的發想與功能開發，如下圖。

研究問題心智圖



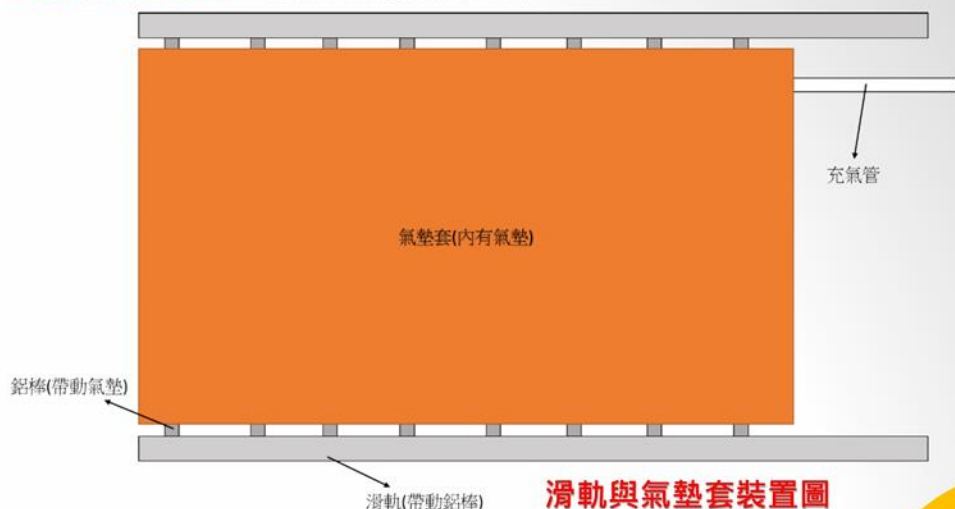
研究架構圖



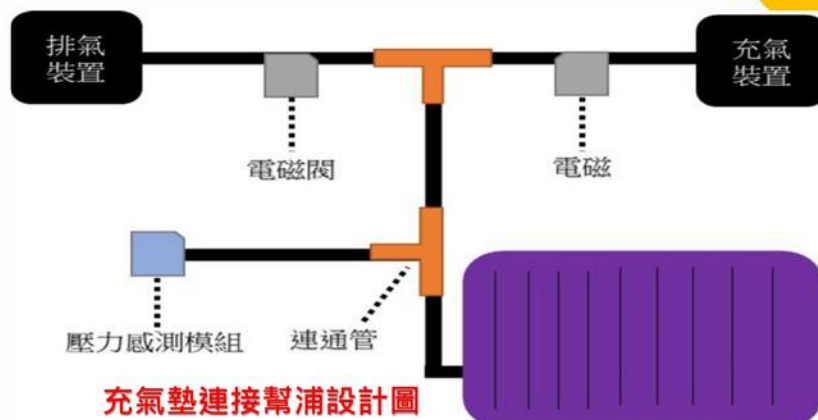
木質基板51x42公分，中間開孔26x26公分，厚度5mm

為了達到兩項輔具功能的整併並保留原本的功能，第一個要解決的問題是**輪椅座墊中間能夠移動收摺又能夠支撐**，本團隊在原有的輪椅上，拆除了原本的支撐布料，改放置一片木質基板，而座墊原本大小必須51cmx42cm才能置放於輪椅上不滑落，並選用5mm厚度的合板可有效作為支撐並具備設備固定的功能。將在木板中心位置裁切合適的開孔，開孔大小參考現有的便椅孔徑，大約是27cmx26cm的橢圓形設計，因此定案裁切26x26正方形的開口，如上圖。

為了增加舒適度，並避免長期久坐而影響使用者臀部的舒適，是以必須**設計一款可以伸縮又能夠具備支撐的座墊來解決**。思考採用可充氣的氣墊來解決，不僅可以伸縮又能夠符合充氣後提供支撐的設計。而氣墊本身因為密合性，無法透過縫合或夾具來處理，且固定於軌道上需要一個有效的帶動方式，是以團隊進一步使用光滑的布料設計了一個氣墊套，來裝填充氣墊，並**將氣墊套進行打孔後，如窗簾一樣固定於運行的軌道上**，設計構想如下圖。



為了給予行動不便的使用者達到方便省力的體驗，方便門勢必將結合電動軌道來達到開口的自動伸縮與充排氣的功能，本團隊便尋思規劃設計一款可以電動帶動軌道的軌道電機，以及充排氣的幫浦來完成，『方便椅』設計實驗組裝流程如下圖。



因此，本研究依循上述『**系統性的科學方法**』，組裝測試後進行功能的驗證與量測，再進行優化改良，然後再次進行量測與驗證，最終完成實作作品，開發步驟如下圖，最後做進一步的討論與未來的改進。

模組功能組裝	功能測試	改良與優化	量測驗證	完成設計	成果討論
• 軌道 • 充氣模組	• 方便門開關 • 充排與按摩功能	• 方便門開口大小 • 充排氣設計	• 方便門開口大小 • 按摩功能	• 規格檢驗 • 報告撰寫	• 作品展示 • 使用者體驗 • 討論與未來

實作研發步驟

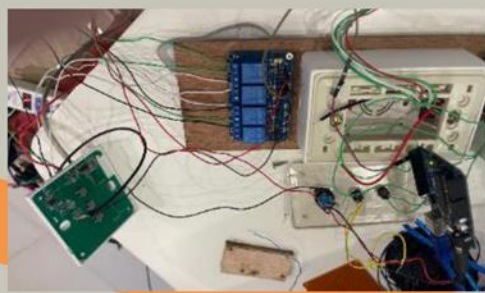
肆、實驗步驟與方法

一、木質座墊基板的開發

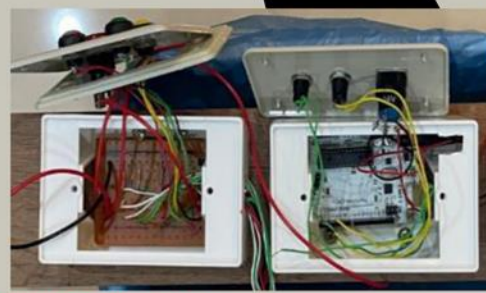
步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	量測現有輔具-輪椅	量測輪椅座墊的支撐結構與尺寸，輪椅座墊布面尺寸51x42cm，兩側各採用自攻牙螺絲5顆固定於鐵桿上，觀察量測後將輪椅拆除。	
2	量測現有輔具-便椅	量測便椅座墊的中空尺寸，便椅座墊整體尺寸46x42cm，中間孔洞大約26x26cm。	
3	裁切承載木質合板	將我們採購5mm的合板，依座墊大小51x42 cm進行裁切，並於中央裁切出約26x26cm的方孔。	
4	舒適乳膠座墊	依照木質基板的尺寸與開口進行裁切，並裁縫布料包裹，達到美觀與防汙作用。	

二、充氣墊與氣墊套結合開發

步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	充氣墊觀察	採用常規之充氣墊，因為必須氣密，無法進行縫合或夾具來固定，除非訂製專用氣墊，但在目前開發階段成本太高。	
2	製作氣墊套	由軟硬兩片布料縫製而成，上層質軟下層較硬，軟質布面具備一定的膨脹空間，因此在縫製時預留氣墊套上方少許伸展空間，中間放置充氣墊，由於充氣墊無法直接固定在軌道上，所以有了氣墊套的設計。	
3	氣墊套與軌道的連接	氣墊套上下方位置車縫一個連桿的管狀空間，置放鋁棒並連接電機，仿效窗簾連動的方式，透過雞眼釘提供與軌道的連接點，進而與軌道連動，使氣墊套具備伸縮的功能。	
4	氣墊套裝上滑軌	實作成功把充氣墊裝進自行設計的氣墊套，並將氣墊套與滑軌結合，在不傷害充氣墊的情況下，也無需客製化的方式下，成功連結並帶動氣墊套的伸縮。	



Arduino板的開關連接安裝測試



按鈕與繼電器結合控制模組安裝完成圖



透過壓力感測器，實際量測壓力變化的情形來控制氣墊電的充排氣



三、電機軌道的選用





圖片	a.捲線式窗簾機	b.簡易橫杆移動機器人	c.氣壓伸縮桿開窗機	d.鍊條式電動開窗器	e.橫拉式電動開窗機
名稱	a.捲線式窗簾機	b.簡易橫杆移動機器人	c.氣壓伸縮桿開窗機	d.鍊條式電動開窗器	e.橫拉式電動開窗機
重量	超重(1)	微輕(4)	重(2)	適中(3)	輕(5)
體積	大(2)	小(5)	超大(1)	適中(4)	有點大(3)
功耗	高(1)	極低(5)	高(1)	高(1)	適中(3)
推力	適中(3)	弱(1)	強大(5)	大(4)	適中(3)
移動進程	長(5)	短(1)	長(5)	長(5)	長(5)
安裝位置	困難(1)	簡單(5)	適中但是總長度很長(3)	適中但是會卡到輪子(2)	適中(4)
總分	13	21	17	19	23

伍、改良與優化

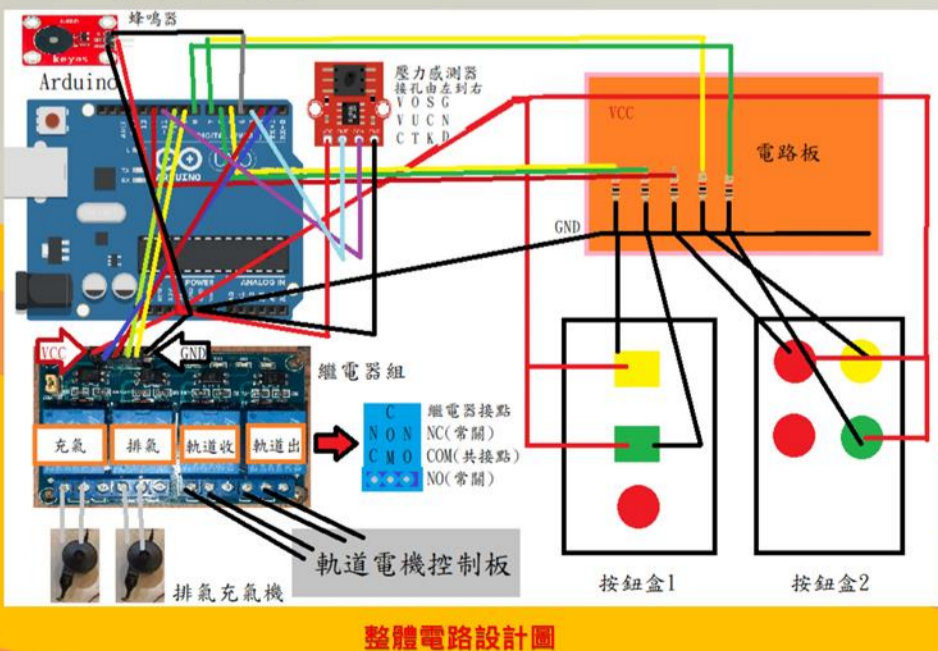
一、組裝測試

項目	實作細節說明	實物組裝
1	移動軌道固定 將滑軌固定在已經裁切好的承載木板上(右方圖片其中一個會換成電機軌道模組)，固定時由於軌道寬度的限制，我們還將螺絲進行切割，使其能順利安裝到軌道中間	
2	加裝電機軌道模組 把電機軌道裝上承載木板的洞旁，並將馬達拆下來固定於旁邊	
3	氣墊套裝上滑軌 將氣墊套安裝於移動軌道上，並將充氣墊放進氣墊套內	
4	充排氣裝置固定 將充排氣馬達固定於電機軌道旁，並將充氣管裝上(固定於電機模組旁)	
5	進行充放氣測試 接著進行充排氣的測試，驗證充氣座墊是否能夠有效地膨脹支撐，經實驗後，座墊充氣正常	
6	測試安裝於輪椅上 在安裝於輪椅後，發現安裝於側邊的充氣與排氣模組，其位置會與輪椅的X型骨架交錯無法平置	
7	關閉方便門測試 經測試後，軌道電機可以在氣壓為0.2Kpa以下扁平時推出，然後進行充氣，並可以將氣墊打足4Kpa時停止打氣，可以順利關上方便門	
8	打開方便門測試 經測試後，按下打開方便門時，排氣模組作動，待氣壓到達0.2Kpa以下時，軌道電機開始後推氣墊套，順利打開方便門，但開口大小不足	
9	按摩按鈕測試 當按下按摩按鈕時，充排氣模組可以在指定的氣壓之間來回充排氣，達到適度的按摩功能	

四、充排氣模組

步驟	項目名稱	實作細節說明	實物組裝
1	馬達連接氣閥	將兩顆分別為充氣及排氣的馬達，透過透明塑膠管連接電動氣閥，如此一來在充排氣時透過電動氣閥同時的開與關，便可將氣體輸入及排出。	
2	T字形連通管連接	在T字形連通管的左右兩個開口，分別接上步驟1所提到充氣與排氣氣閥連接出來的塑膠管，使氣墊的充排氣從同一管道進出。	
3	壓力感測器安裝	在連接上氣墊的塑膠管上，安裝壓力感測器，並安置至於控制電路盒內，藉由Arduino定時量測充氣墊壓力值，依據文獻之壓力值建議，控制充排氣的停止。	
4	連接充氣墊	將上述裝置與充氣墊以透明塑膠管連接，至此充排氣模組完成組裝。	

五、控制面板

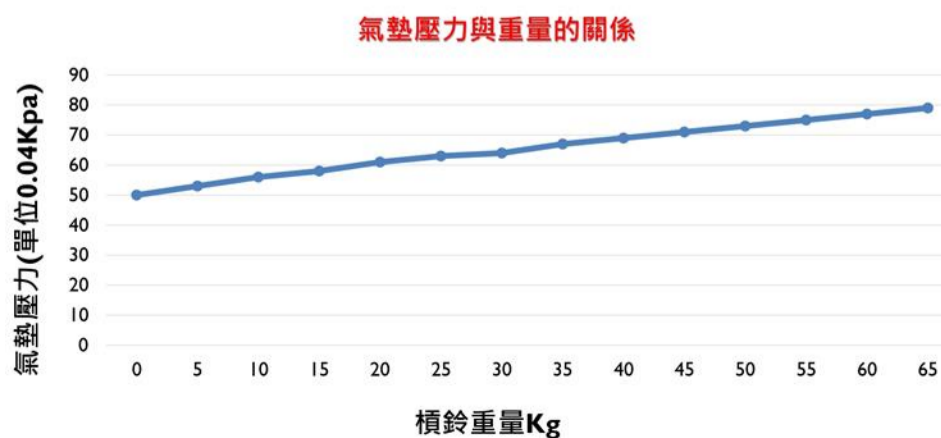


六、控制板組裝

將程式燒入Arduino控制板後，將進行電路的測試與組裝，如下圖。本團隊使用常見的控制開關盒來進行安裝，開關盒具備面板可以改裝，並且中間的空間足以置入Arduino版、電路板以及壓力偵測器，如下圖。此外，並透過壓力感測器實際量測壓力變化的情形來控制氣墊的充排氣，如下圖。

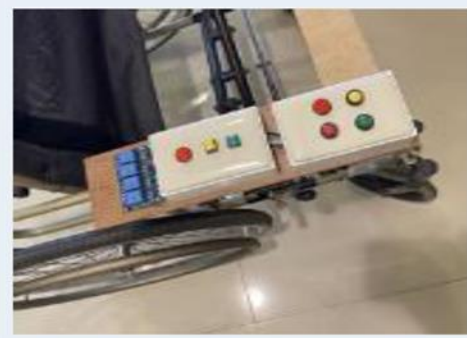
二、充氣墊承受重量之探討

由於每個使用者的體重不同，充氣坐墊會因為使用者重量而改變氣墊的壓力值，由於人體與氣墊的直接接觸面積與座坐墊其他部位的範圍約為1/4~1/2之間，是以座坐墊承受的重量約不會高於體重的約1/2。可以發現氣墊壓力會為隨著重量呈現線性的變化，當槓鈴重量達到65kg時氣墊壓力會達到3.2Kpa。這能提供給我們針對不同體重的使用者，來修正充氣墊充打氣壓力的參考值。



三、電機軌道改良

1	原本電機軌道	長度70cm 可移動30cm 開口呈現20cm	
2	變更控制板位置	長度60cm 可移動30cm 開口呈現20cm	
3	縮短前方引導片與鬆緊調整器縮短9cm，定位點移動可增加2cm	長度49cm 電機可移動30cm 開口呈現20cm	
4	電機與軌道成90度安裝	長度39cm 電機可移動30cm 與開口中心點偏移10cm 開口呈現20cm	



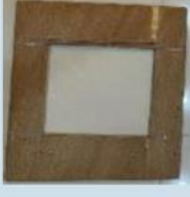
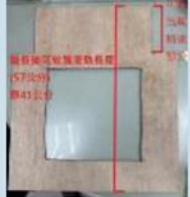



a.安裝於扶手上方便展示使用







b.改良使用薄膜按鈕，並將控制板安裝於電機旁，可以節省大量空間

扶手按鈕控制板位置改良

四、安裝位置改良

			
a.第一版原本木質基板形狀為四方型	b.改版增加凸出的部分，大約15公分	c.凸出部位可以穿透靠背，安置電機與幫浦	d.前方基座增加15cm，座墊也增加4cm較為舒適美觀
凸型木板的設計可以將中心向後延伸10cm，給予更多的緩衝空間軌道也恢復到49cm	長度49cm 可移動30cm 開口可以達到26cm 如右圖，打開與閉合的狀態，安置位置正確，伸縮距離恰當，開口呈現26cm		

五、氣墊套支撐改良

1	氣墊套鋁棒裁切、裁切滑軌橫桿-鋁棒	製做橫桿時我們最後使用了不會太重也不會太脆弱，直徑6mm的實心鋁棒，並且裁切至同一長度31cm共計5根，之後將其裝上滑軌電機與氣墊套上，並於頭尾兩側攻牙M4螺牙。	
2	鋁棒與氣墊套的安裝與連動	改良氣墊套，使其中間可以穿越鋁棒，透過我們仔細挑選的螺絲與軌道在滑輪上固定。	
3	將充氣墊至於鋁棒上方	氣墊套內具備鋁棒支撐，並將充氣墊安置於鋁棒上方。	
4	更換滑輪滾	更換滑輪滾為不鏽鋼材質，增加耐重達120kg。	

六、充氣風扇噪音改良

經比較研究後採用『微型真空幫浦』來取代『葉片型』的打氣幫浦，噪音值可以從原本的86.2dB下降到68.2dB，共降低了18dB，且該款真空幫浦並具備一進一出的充排氣的孔道，可以與原本的設計吻合



將原本的充排氣置換為真空幫浦，噪音值下降18dB



變更為真空幫浦後的組裝圖






七、扶手按鈕控制板位置改良

目前因為設計展示的需求以及老人家的操作需求，在開關盒內安置控制電路板，所以整體按鈕設計安置在輪椅扶手的位置，會影響原本扶手的功能。因此，**團隊改良使用之後開關盒可以改為薄膜按鈕，並將控制電路板，安置於下方電機旁**，如此可以大量節省體積與扶手空間。如果安裝於側邊來降低對扶手的影響，但因側邊的位置可能會影響到輪軸的行進，因此未來可以進行整體電路板的縮小，連帶的按鈕開關的縮小也能同步進行，這樣可以增加安裝的彈性空間，如下表所示。

陸、成果和討論

目標項目	達成情形
1.以不改變輪椅方便收摺的主體結構為前提進行改良。	符合
2.將輪椅原本軟質的皮革，更換為中間開孔的木質合板，方便如廁。	達成
3.木質合板上方便具備中間開孔的乳膠墊，增加舒適度。	達成
4.設計一個可伸縮式收摺的座墊，在未如廁時閉合當輪椅座墊使用。	達成
5.可伸縮的座墊內部具備充排氣墊，充氣後中空的部位具備支撐增加舒適度。	達成
6.可伸縮的座墊具備電動充排氣功能，可對臀部進行按摩，以預防壓瘡的發生。	按摩功能達成 (防壓瘡未驗證)
7.安裝控制面板於輪椅手把上，方便使用者自行操作開合與按摩。	達成

一、成果圖

		
現有輪椅可進行改裝，升級具備便椅功能	同時具備便椅與輪椅功能，並有按摩功能	支撐氣墊排氣後可收摺氣墊套，門可開啟
		
便盆置於下方，便門開啟狀態下即可排遺	排遺後，氣墊套伸出充氣支撐並可按摩	實體成果，按鈕可改良為薄膜式節省空間



二、討論

成品完成後我們針對以下幾點進行討論：

1. 輪椅的收摺功能，影響下方便盆的空間，**使用可拋棄式穢物袋改善**
2. **電動機滑軌設計改良**
3. 男女生理結構有別，無法一體適用所有情境
4. **按摩的壓力與頻率可加強實證**，深入討論
5. 充氣風扇噪音太大，**變更為真空幫浦改善**
6. 扶手按鈕控制板位置，**使用薄膜按鈕改善**
7. 電池續航力問題

柒、結論

1. 不改變原本輪椅收摺的主結構下，完成便椅與輪椅功能的整合。
2. 配有能夠伸縮自如的滑軌及薄膜按鈕面板，使用者可自由地控制方便門的開合。
3. 使用可充氣式座墊套支撐，讓使用者更為舒適。
4. 充氣座墊具有特定的按摩功能，可以提高舒適的體驗。
5. 可以手動調整座墊的軟硬度。
6. 配有電瓶，在無插座之場所仍然能夠正常運作。