國立勤益科技大學工業工程與管理系

114 學年度實務專題競賽

智慧型子母車型態電動代步車之創新設計

摘要

將在室內使用的電動輪椅與戶外使用的電動代步車組合，設計一款能幫助身體虛弱或殘缺的人能順暢的銜接室內與戶外之移動載具。本研究使用的研究方法包括ＴＲＩＺ、人因工程及通用設計方法。首先運用ＴＲＩＺ技術矛盾矩陣分析系統衝突，找出欲改善參數及避免惡化參數，再結合人因工的人體測量、操控介面與人機互動要素，設計出各個使用者都適合使用的代步工具。使用上述方法分析設計，最後用繪圖軟體展示設計出來的實體結構。

關鍵字：子母車、座椅升降、人因工程、TRIZ

1. 緒論

1.1 研究背景與動機

現今一般輪椅使用者需要配合看護，例如上廁所時需要看護協助攙扶身體，睡覺時也需要看護的協助才能將身體移至床上。這裡舉例一個市面上的產品：必翔 UL8WFE 電動輪椅車有超輕量化設計、觸控式省力快速拆卸，可上下調整式座椅和多功能手指操縱控制桿，可移動折疊式腳架、前後左右皆調整(必翔實業，2026)。此產品各方面性能優秀，但不具備能讓使用者能直接在代步工具上使用廁所馬桶，需要先下輪椅才能如廁。

智慧型子母車型態電動代步車使用子母車結合模式，子車可以升降鏤空的座椅去配合馬桶高度，不必下子車也能如廁，也可自用升降座椅將人送至床上或客廳沙發上等，外出時在與母車結合，這類型的電動代步車可以藉由這些多功能讓使用者無需他人協助也能自理生活。本研究希望為一般輪椅使用者帶來自理的生活，在我們與老師討論過後，決定利用簡單的構造以及較少的成本去創新，讓我們的產品人人都負擔的起，但安全及功能效果不打折。

1.2 研究目的

1. 設計一個可升降、移動、轉動的子車裝置。
2. 設計一個可水平旋轉的坐墊機構
3. 設計一個子車與母車快速分離及結合的裝置
4. 設計一個方形保護的扶手

2. 文獻探討

2.1 電動輪椅產品市場分析

根據國家發展委員會人口推估查詢系統(國家發展委員會，2026)，台灣在 1993 年步入高齡化社會，2018 年步入高齡社會，2025 年台灣步入超高齡社會，預估 2050 年老齡人口達到最大人數，過去台灣五年(2020~2025)台灣超過 65 歲以上的老年人在持續穩定增加(如圖 1 所示)年均複合成長率為 4.28%/年(如圖 2 所示)老齡人口快速增加，另外除了台灣，世界各地的國家也在慢慢步入人口平均年齡越來越高的社會，除了台灣還有日本、韓國等其他國家老人比例越來越高(如表 1 所示)，老齡人在外出時不適合使用汽車、機車等高速行駛工具等，容易發生危險，腿腳也無法長時間在外行走，這時速度較低的電動代步工具成為了較好的選擇。

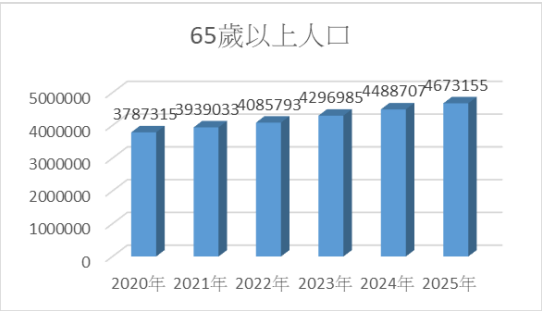


圖 1 台灣歷年高齡人口數
資料來源：本研究自行繪製



圖 2 台灣高齡人口年均複合成長率
資料來源：本研究自行繪製

表 1 各國歷年高齡人口比例

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
國家別	統計值(%)	統計值(%)	統計值(%)	統計值(%)	統計值(%)	統計值(%)
中華民國	16.1	16.9	17.6	18.3	19.2	20.1
日本	28.6	28.9	29.0	29.1	29.3	29.6
韓國	16.0	16.8	17.7	18.6	19.5	20.3
美國	16.4	16.8	17.2	17.6	18.0	18.7
英國	18.8	18.7	18.8	18.9	19.0	19.2
德國	22.6	22.1	22.2	22.4	22.5	22.8
法國	20.6	20.9	21.1	21.4	21.8	22.2
挪威	17.9	18.2	18.4	18.7	19.2	19.5
瑞典	20.1	20.3	20.4	20.6	20.5	20.6
荷蘭	19.8	20.0	20.2	20.5	20.8	21.2

資料來源：本研究自行整理

2.2 電動代步車相關專利分析

1. 老年智能代步車

王甦菁(2016)所取得的發明專利，該專利名稱為老年智能代步車，發明專利公告號為 I677338，產品構造為如圖所示(如圖 3 所示)，本發明其上設有馬達、控制器和與控制器電性連接的探測器，分別用於採集駕駛者前方和後方的行人及障礙物，代步車上還設有與控制器電性連接的第一攝像裝置，用於採集駕駛者前方路面情況，本發明所提供的智能代步車，彌補了老年及殘疾人士的駕駛遲緩的缺陷，避免了對行人或自身造成安全隱患，但如果有突發狀況，還是必須要手動判斷並解決危機。

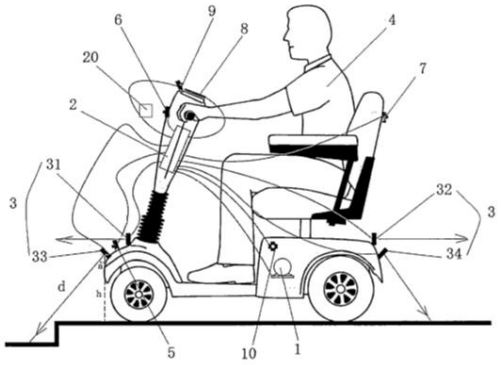


圖 3 老年智能代步車。
資料來源：王甦菁，2016。

2.3 TRIZ 方法文獻

TRIZ 是一種用於創造性技術開發的新方法論，由前蘇聯專利局人員 G.S.Altshuller 在 1946 年所構想出來的，以每年投入一千五百人的工作時間，藉由探討世界各國之重要專利案件，發現在各種解決問題的方案間，有著可依循的模式存在，將此模式用系統化建構下來，人們就可以透過有系統地學習這些模式和技法，並獲得創造性的解決問題能力（葉忠福，2013）。

TRIZ 翻譯成英文為 Theory of Inventive Problem Solving 簡稱（TIPS），意思為「創新發明問題解決理論」。通過發明理論來解決問題，並產生新穎的產品創意方法。TRIZ 問題解決過程主要分為以下四個步驟：（1）問題定義（2）問題分類和工具選擇(3)解決方案的產生(4)評估。TRIZ 也是一種具有系統結構性的方法，可以對大量的專利分析並得出結論，產生具有創造性的解決方案。具備完整的工具系統，可以為設計師帶來方向及策略性的模式，來改善問題和產生創新的想法（Chou, 2014）。

2.4 本質安全設計文獻

本質安全設計(ISD)的演進始於 1980 年代，人們對安全的觀念是發生 事故後應該如何防止災害的擴大，1984 年英國卜內門化學公司的資深安 全顧問克萊茲(Kletz Trevor)首先提出本質比較安全設計，人們的觀念逐 漸轉變成事前消除和降低危害，而不是控制災害的擴大。台灣近年來，由 於半導體、光電面板等高科技產業的興起，大幅提升台

灣的國際知名度。 但在封閉的大型廠房中，充斥著大量有毒、易燃的化學物品，火災、爆炸、 化學品洩漏事故一再發生(陳俊瑜及廖雁亭，2007；張國基，2006)。

2.5 人因工程文獻

人因工程學將「人」視為我們技術系統中最重要的組成部分，目標是保障任何人造工具、裝置、設備、機器、環境及其組織直接或間接地促進人類的福祉及其表現。因此，人因工程學具有三個重要任務：1.透過實驗和研究，以確定工程設計需要了解的特定人類特徵 2. 應用知識於工具、機器、住所、環境、工作任務和程序的設計中 3.觀察人類及其設備在真實或是模擬環境中的實際表現，評估設計人機系統的實用性，並確定是否還有改進之處（Elbert, et al.， 2018）。

2.6 通用設計文獻

通用設計（Universal Design）是由美國北卡羅萊納州立大學建築系 Ronald L.Mace 教授於 1974 年國際殘障者生活環境專家會議中提出，通用設計定義為產品或環境設計，盡可能以最大包容性適用於全部的民眾，而不用額外個別的設計。通用設計的七大原則常被採用在產品或環境設計中，包括簡單與直覺使用（Simple and Intuitive）、彈性使用(Flexibility in Use)、平等使用(Equitable Use)、明顯的資訊(Perceptible Information)、適當的尺寸與空間(Size and Space for Approach and Use)、輕鬆操作（Low Physical Effort）、容許錯誤（Tolerance for Error）（陳明石及呂佳珍，2014）。

3. 研究設計

3.1 研究架構

老齡人口、腿腳受傷、身體衰弱的一部分人自己或家屬會買電動代步車使用。雖然目前市面上已經有很多電動代步車款式，但大多數都有不能獨立上廁所、無法因應室內各家具高度、是內外代步車不通用等問題，因此根據前述理論的基礎，提出智慧型子母車型態電動代步車之創新設計，分別為子車與母車可快速分離及結合裝置之設計、可以升降移動轉動的子車裝置之設計、子車可以旋轉的坐墊之設計、方形扶手之設計進行分析，進而了解創新設計是否具有可行性與市場價值性。首先分析電動代步車相關市售產品及專利技術，作為創新設計研發之參考。本研究主要運用 TRIZ 方法中的三十九項工程參數找出欲改善參數及避免惡化之參數，並製作技術矛盾矩陣表，再使用四十發明原則進行分析探討，然後使用人因工程方法找出符合人體工學的設計，再利用通用設計方法，設計出更加舒適安全的電動代步車。最後機構設計階段，使用軟體繪製 3D 圖形，來模擬所設計產品之構造及研究成果，如圖 4 所示。

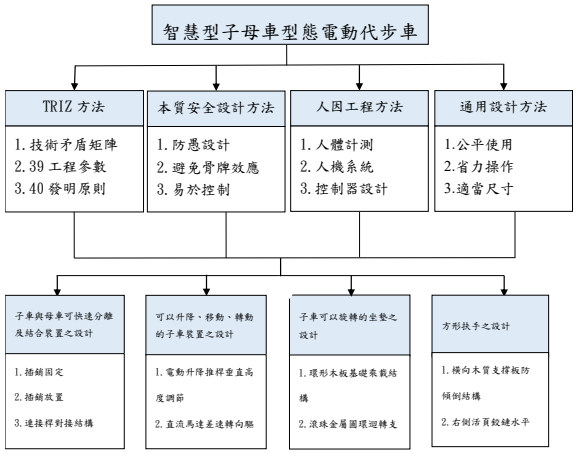


圖 4 研究架構
資料來源：王甦菁，2016。

3.2 子車與母車可快速分離及結合裝置之設計方法

本節針對入子車與母車可快速分離及結合裝置之設計，利用 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法來進行產品的創新設計， 詳細說明內容如下。

3.2.1 TRIZ 方法導入子車與母車可快速分離及結合裝置之設計

本研究針對子車與母車可快速分離及結合裝置之設計，以 TRIZ 技術矛盾矩陣之三十九項工程參數中，找出的欲改善參數為 NO.13(物體穩定性)、NO.9(速度)、NO.33(使用方便性)，避免惡化參數為 NO.30(外部對物件的傷害)、NO.31(物體本身所產生的有害因素)、NO.36(裝置複雜性)利用上述的欲改善參數與避免惡化參數來繪製技術矛盾矩陣表，如表 2 所示。

表 2 子車與母車可快速分離及結合裝置之技術矛盾矩陣

避免惡化參數 / 欲改善參數	30.外部對物件的傷害	31.物體本身所產生的有害因素	36.裝置複雜性
13.物體穩定性	35，24 30，18	35，40 27，39	2，35，22 26

表 2 子車與母車可快速分離及結合裝置之技術矛盾矩陣(續上頁)

9.速度	1，28，35 23	2，24，35 21	10，28，4 34
33.使用方便性	2，25，28 39		32，26 12，17

資料來源：本研究自行整理

子車與母車可快速分離及結合裝置之問題，經由探討技術矛盾矩陣分析後選用三個發明原則，包括NO.1（分割）：將原本一體成型的電動代步車，分割成母車與子車兩個可獨立運作的模組，讓操作者在面對室內狹小居家空間時，能大幅提升載具的空間適應力與靈活度。NO.2（抽出）：將代步車中會造成室內物理阻礙的龐大底盤抽離，僅抽出使用者乘坐與短距離移動的必要核心部分形成子車系統，讓操作者能直接將子車從母車抽出並駛入馬桶上方或床鋪旁，實現無障礙的室內移位。NO.24（中介物）：子車與母車需要結合時使用定位銷作為中介物，連接子車與母車讓母車可以帶著子車移動，不需要連接時移出定位銷即可分離子車與母車。

3.2.2 本質安全設計方法導入子車與母車可快速分離及結合裝置之設計

1. 防愚設計：導入防愚設計原則於鎖固結構中。本研究將貫穿式實體插銷機構直接固定於母車主結構，不僅具備防脫落功能，且插銷與對接孔位具備唯一的垂直對應關係。此設計使使用者無需進行複雜的精密對準即可完成單向鎖固，從源頭避免因安裝不到位或零件遺失所導致的行駛脫落風險。

2. 避免骨牌效應：運用避免骨牌效應原則，建立機構間的容錯防護。在子母車對接過程中，即便插銷因人為疏失未確實貫穿孔位到底，插銷圓柱體與管壁間的實體干涉仍會大幅限制子車前端連接桿的移動空間。此設計確保車體在異常狀態下不會發生瞬間的劇烈位移偏移，防止連鎖性的結構損壞或翻車意外發生。

3. 易於控制：依據易於控制原則，運用純物理幾何限制代替複雜的感測裝置。子車前端連接桿與母車固定座之間採用滑入式設計，利用管壁間的緊密貼合來直接抵銷行駛時的側向作用力。這種直覺的機構設計讓使用者能透過物理感知輕鬆掌握結合狀態，使操作不費力且迅速，確保對接過程的高精確度與穩定性。

3.2.3 人因工程方法導入子車與母車可快速分離及結合裝置之設計

1. 人體計測：運用人因工程中的人體計測方法，針對操作者（使用者或照護者）在站姿或坐姿下的手部抓握力與手臂伸展範圍進行分析。貫穿式實體插銷的握柄尺寸依據人體手掌寬度設計，確保使用者能以自然且穩固的姿勢抓握，並將插銷機構配置於手部最易觸及的結合交接處，降低操作時的肢體彎曲負擔。

2. 人機系統：透過人機系統的互動原理，設計子母車對接時的感官回饋機制。當子車前端連接桿滑入母車固定槽並達到定位後，使用者可透過觀察管壁間的緊密貼合度與插銷孔位的對齊狀態，接收系統的就位資訊。手動下壓插銷所產生的實體干涉感，能提供明確的操作回饋，確保結合過程安全且直覺。

3. 控制器設計：將插銷機構視為分離結合系統的實體控制器，導入直覺化的操作邏輯。插銷被直接固定於母車主結構上，避免因位置不當或組件遺失造成操作錯誤。控制器（插銷）的作動方向與重力結合邏輯一致，使用者僅需單純的垂直操作即可達成鎖固，減少了組裝過程中的認知負荷與人為失誤風險。

3.2.4 通用設計方法導入子車與母車可快速分離及結合裝置之設計

1. 公平使用：運用通用設計的公平使用原則，確保不論是高齡使用者或是照護者，皆能以直覺且平等的方式操作結合裝置。貫穿式實體插銷的設計不需複雜的對準技巧與先備知識，透過簡單的垂直插入動作即可達成子母車的實體鎖固，消除了因操作者體能或技術認知差異而產生的使用門檻。

2. 省力操作：依據省力操作原則，優化子母車之連接結構阻力。子車前端連接桿與母車固定槽之間採用精密配合的滑入式設計，使用者僅需極小的水平推力即可將子車推入定位。配合固定於母車主結構上的防脫落插銷機構，操作者能以最小的物理力氣完成鎖固，減輕頻繁拆裝所造成的體力負擔。

3. 適當尺寸：運用適當尺寸原則，規劃插銷與連接桿的空間配置。插銷手柄的直徑經過設計，考量到不同手掌尺寸的使用者皆能輕鬆抓握；同時，連接桿的管壁尺寸經過精密計算，能與固定槽緊密貼合，在有效限制相對位移的同時，亦確保了結合後的操作空間充裕且不具物理干涉。

3.3 可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計方法

本節針對可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計，利用 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法來進行產品的創新設計，詳細說明內容如下。

3.3.1 TRIZ 方法導入可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計

本研究針對可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計，以 TRIZ 技術矛盾矩陣之三十九項工程參數中，找出的欲改善參數為 NO.14(強度)、NO.33(使用方便性)、NO.34(維修性)，避免惡化參數為 NO.3(移動件長度)、NO.31(物體本身所產生的有害因素)、NO.36(裝置複雜性)，利用上述的欲改善參數與避免惡化參數來繪製技術矛盾矩陣表，如表 3 所示。

表 3 可以升降、移動、轉動的子車裝置之技術矛盾矩陣

避免惡化參數 / 欲改善參數	3.移動件長度	31.物體本身所產生的有害因素	36.裝置複雜性
14.強度	1，15，8 35	15，35 22，2	2，13，15 18
33.使用方便性	1，17，13 12		32，26 12，17
34.維修性	1，28，10 25		25，1，13 11

資料來源：本研究自行整理

可以升降、移動、轉動的子車裝置之問題，經由探討技術矛盾矩陣分析後選出三項發明原則，包括 NO.11（預防）：為彌補機電系統在極端狀況下可能產生的可靠度問題，事先準備應急防護措施。具體落實於子車升降系統的「硬體自鎖機構」與電源迴路的「無熔絲開關（斷路器）」。當遭遇突發斷電或馬達過載短路時，自鎖特性會防止座椅平台急速墜落，斷路器則能第一時間切斷總電源防止電池熱失控，在危害發生前進行預防性的安全阻斷。NO.28（機械系統替代）：在子車的升降與轉向裝置上，以自動化機電系統取代傳統的人力搬運與純機械連桿，透過導入直流電動升降推桿與 Arduino 雙馬達差速系統，讓操作者在使用此代步裝置時，可以輕易產生垂直升降與原地迴轉作動，達到省力與減緩操作疲勞的效果。。NO.8（平衡重力）：針對使用者在上下車與轉移位時需克服的身體重量負擔，透過子車配置的「12V 直流電動升降推桿」來提供向上的動能以平衡重力，讓操作者在使用此代步裝置時，能輕易將座椅升降至與床鋪或馬桶相同的高度，消除高低差所帶來的重力壓迫，達到省力且安全的移位效果。NO.1（分割）：將整體運動裝置分割出升降、移動、轉動功能，依照當下的使用需求獨立調整升降、移動、轉動，不同功能之間不互相干擾。

3.3.2 本質安全設計方法導入可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計

1. 防愚設計：導入防愚設計原則於垂直升降系統中。子車選用具備自鎖特性的電動升降推桿作為核心致動器。此機構原理確保在完全斷電或控制器失效的極端情況下，座椅平台仍能穩固鎖定於當前高度，避免因人為誤操作或電力意外造成急速墜落，從硬體源頭達成防護。

2. 避免骨牌效應：運用避免骨牌效應原則，建立完善的電路斷路保護。在電控迴路中設置無熔絲開關（斷路器）作為 24V 電源總開關。當驅動馬達或推桿因負載異常產生大電流時，斷路器能第一時間跳脫並切斷電源，防止危害擴散至電池或控制核心，確保單一電子故障不致引發連鎖災難。

3. 易於控制：依據易於控制原則，簡化轉向操作並維持狀態清晰。透過 Arduino Mega 將複雜的差速邏輯自動化，使用者僅需操作直覺的方向按鈕。配合電位器的線性調速功能，操作者能第一時間精準掌控移動現況，降低因速度控制不當而產生碰撞的風險，使操控過程安全且明確。

3.3.3 人因工程方法導入可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計

1. 人體計測：運用人體計測方法分析使用者在轉移位動作中的高度需求。子車之電動升降推桿可動態調整座椅高度，範圍涵蓋多數人由坐姿轉移至床鋪或馬桶所需的垂直尺寸基準。此設計確保不同身形的使用者皆能將座椅調整至最符合自身生理結構的位置，降低上下車時對膝關節與肌肉的負荷。

2. 人機系統：透過人機系統原理優化子車的平面驅動性能。系統導入差速轉向原理，藉由 Arduino 處理器精確控制左右馬達轉速，配合前端萬向輪提供靈活回饋。使用者接收到平順

的移動感知後，能直覺地引導車體進入狹窄走道，達成高度的人機協作效率與移動流暢度。

3. 控制器設計：將控制器設計概念落實於子車的操作面板中。系統配置六個功能明確的按鈕與一個可調速旋鈕（電位器），位置均處於手部最佳操作範圍內。按鈕的佈局邏輯與移動、升降方向一致，配合線性調速功能，讓使用者能精確控制車速與高度，減少操作過程中的認知負擔。

3.3.4 通用設計方法導入可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計

1. 公平使用：運用通用設計的公平使用原則，利用電動升降功能賦予不同體能條件的使用者平等的環境適應力。不論乘坐者的下肢能力如何，皆能透過電動推桿自行調整高度以對接家具，滿足多樣化的生活自理需求，體現了讓空間適應人的公平理念。

2. 省力操作：依據省力操作原則，將子車之轉向與高度調節全面電動化。透過 24V 直流馬達的動力輸出，使用者不需費力推行或手動調節，僅需輕觸按鈕即可完成精確位移與原地迴轉。電力驅動系統大幅降低了操作載具所需的體力門檻，特別適合肌力退化的高齡族群使用。

3. 適當尺寸：運用適當尺寸原則優化子車底盤。本研究將子車體積規劃為精巧型態，並在底盤預留空間使其能精準推入馬桶上方定位。此精確的空間尺寸規劃，確保車體能在狹窄的室內環境與衛浴空間自由轉動與移動，徹底消除了傳統代步車因體積過大而產生的空間干涉障礙。

3.4 子車可以旋轉的坐墊之設計方法

本節針對子車可以旋轉的坐墊之設計，利用 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法來進行產品的創新設計，詳細說明內容如下。

3.4.1 TRIZ 方法導入子車可以旋轉的坐墊之設計

本研究針對子車可以旋轉的坐墊之設計，以 TRIZ 技術矛盾矩陣之三十九項工程參數中，找出的欲改善參數為 NO.14(強度)、NO.33(使用方便性)、NO.35(適應性)，避免惡化參數為 NO.30(外部對物件的傷害)、NO.31(物體本身所產生的有害因素)、NO.36(裝置複雜性)，利用上述的欲改善參數與避免惡化參數來繪製技術矛盾矩陣表，如表 4 所示。

表 4 子車可以旋轉的坐墊之技術矛盾矩陣

避免惡化參數 / 欲改善參數	30.外部對物件的傷害	31.物體本身所產生的有害因素	36.裝置複雜性
14.強度	18，35 37，1	15，35 22，2	2，13，15 18
33.使用方便性	2，25，28 39		32，26 12，17
35.適應性	35，11 32，31		15，29 37，28

資料來源：本研究自行整理

子車可以旋轉的坐墊之問題，經由探討技術矛盾矩陣分析後選出三項發明原則，包括 NO.25（自我服務）：將「自我輔助」的核心概念完全融入載具設計中，透過操作低阻力的「滾珠旋轉坐墊」，讓失能或高齡的操作者不需仰賴照護者的費力搬運，即能自行完成子母車的分離結合與 90 度轉向移位，達到生活自理與獨立照護的效果。NO.35（屬性轉換）：改變物體的物理狀態或靈活度程度。將原本固定且僵硬的代步車座艙介面改變屬性，具體落實於將固定坐墊轉換為具備滾珠支承的「可旋轉 90 度坐墊」。NO.15（動態化）將固定起來的坐墊改成可旋轉的結構讓使用者能根據不同環境動態調整不同角度，達成最適合當前環境的工作角度。

3.4.2 本質安全設計方法導入子車可以旋轉的坐墊之設計

1. 防愚設計：導入防愚設計原則於鎖固結構中。本研究利用螺栓與螺帽進行貫穿式剛性固定，將滾珠圓環與上層木板及下層底架確實鎖合。此機械固定方式具備唯一性與高強度，確保使用者在任何轉向角度下，坐墊都不會發生脫離車架或鬆脫的狀況，從硬體源頭消除了因安裝錯誤導致的掉落風險。

2. 避免骨牌效應：運用避免骨牌效應原則，建立機構間的容錯防護。滾珠金屬圓環內裝有多組精密滾珠，即便單一滾珠因磨損失效，其餘滾珠仍能分擔載重並維持基本的旋轉功能。這種具備冗餘特性的設計，確保單一零件的疲勞不致引發坐墊卡死或傾斜的連鎖性危險，維持系統運作的連續安全性。

3. 易於控制：依據易於控制原則，利用純物理慣性與滾珠結構實現不費力的轉向控制。坐墊旋轉機構無需複雜的電子感測裝置，使用者可透過身體重心的輕微偏移或手部扶持即可精準掌控轉向速度與定位。這種直覺且狀態清晰的物理控制，讓操作者能第一時間感受到作動現況，確保操作過程安全且靈活。

3.4.3 人因工程方法導入子車可以旋轉的坐墊之設計

1. 人體計測：運用人體計測方法分析使用者坐姿下的臀部寬度與膝窩高度。環形木板坐墊的直徑與高度配置，係依據多數高齡者之計測數據進行規劃。此設計確保坐墊能提供舒適的包覆感與支撐力，並讓使用者在旋轉過程中，雙腳能自然垂放於舒適位置，減少因尺寸不當導致的姿勢疲勞。

2. 人機系統：透過人機系統原理優化坐墊與使用者的動態互動。系統透過滾珠支承將垂直載重轉化為平順的轉向動力回饋。使用者在操作轉向時能接收到輕盈的機械反饋，僅需微小的肢體帶動即可完成 90 度的轉向作動，強化了人與機器之間的動作效率與舒適感受，提升移位過程的滿意度。

3. 控制器設計：將坐墊旋轉範圍與定位感知視為控制器設計的一部分。透過螺栓與螺帽的貫穿式剛性固定，確保旋轉中心軸穩定不偏移。控制器介面（即坐墊機構）提供穩定且具備確定感的轉動阻尼，讓使用者能精確掌握轉向角度，降低因轉動過度或不足產生的認知錯誤與安全隱憂。

3.4.4 通用設計方法導入子車可以旋轉的坐墊之設計

1. 公平使用：運用通用設計的公平使用原則，確保各種下肢行動能力受限或肌力退化之使用者皆能平等且獨立地進行轉向操作。90 度旋轉坐墊的設計讓乘坐者無需完全依賴照護者費力搬運，亦不因自身殘障程度差異而降低生活自理能力，符合通用設計中包容各式族群的核心理念。

2. 省力操作：依據省力操作原則，針對坐墊作動機制進行優化。於環形木板與底架間配置滾珠設計的金屬圓環。利用低摩擦的滾珠滾動特性，使高齡者或肌力較弱的使用者能以最小的物理力氣推動座椅轉向，有效降低轉轉位過程中的肢體負荷，大幅減輕長時間使用或頻繁移位造成的疲勞感。

3. 適當尺寸：運用適當尺寸原則規劃坐墊結構。上層採用環形木板，其環狀幾何不僅能配合下方旋轉機構的最佳運作軌跡，亦能減輕整體重量。尺寸設定符合居家狹小環境的使用範圍，確保坐墊在 90 度迴轉路徑上不會與車架或其他室內家具發生物理干涉，提供最佳的空間利用率。

3.5 方形扶手之設計方法

本節針對方形扶手之設計，利用 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法來進行產品的創新設計，詳細說明內容如下。

3.5.1 TRIZ 方法導入方形扶手之設計

本研究針對方形扶手之設計，以 TRIZ 技術矛盾矩陣之三十九項工程參數中，找出的欲改善參數為 NO.13(物體穩定性)、NO.14(強度)、NO.33(使用方便性)，避免惡化參數為 NO.23(物質的損失)、NO.30(外部對物體的傷害)、NO.36(裝置複雜性)，利用上述的欲改善參數與避免惡化參數來繪製技術矛盾矩陣表，如表 5 所示。

表 5 方形扶手之技術矛盾矩陣

避免惡化參數 / 欲改善參數	23.物質的損失	30.外部對物體的傷害	36.裝置複雜性
13.物體穩定性	2，14，30 40	35，24 30，18	2，35，22 26
14.強度	35，28 31，40	18，35 37，1	2，13，15 18
33.使用方便性	28，32 2，24	2，25，28 39	32，26 12，17

資料來源：本研究自行整理

方形扶手之問題，經由探討技術矛盾矩陣分析後選出三項發明原則，包括 NO.15（動態化）：將原本固定的剛性結構轉變為可靈活調整的動態機構，具體應用於座艙的「方形扶手」設計上。透過導入活頁鉸鏈與旋轉樞紐，使前方的橫向木質支撐板可水平翻折，左側扶手可向後旋轉退開，打破傳統固定式扶手的空間限制，讓使用者能無障礙地由側邊滑移進出車廂。NO.39（惰性環境）：將物體置

於惰性或安全隔離的環境中以防止潛在危害。在乘坐層面，當方形扶手完全閉合時，即為乘坐者構築出一個與外界危險物理隔離的安全緩衝座艙，有效阻絕行駛中可能發生的碰撞衝擊。NO.40(複合材料)扶手不同部位使用不同性質的材料，連接用的活頁需要支撐整個木板需要使用高強度的金屬材質，橫向扶手則要重量輕才可讓使用者輕鬆掀開、闔上，需要使用木板，將不同材質的優點結合起來讓扶手更舒適安全。

3.5.2 本質安全設計方法導入方形扶手之設計

1. 防愚設計：導入防愚設計原則以確保行駛前之狀態清晰。方形扶手的活頁鉸鏈與旋轉樞紐在設計上具有明確的物理閉合點，若前方的橫向支撐板未完全翻折對接，扶手將無法形成封閉的方形結構。這種物理上的「未完成狀態」極度明顯，能讓操作者或照護者第一眼辨識現況，防止在防護未確實鎖固的狀態下啟動車輛。

2. 避免骨牌效應：運用避免骨牌效應原則，強化整體防護結構的連鎖支撐力。當方形扶手完全閉合時，會形成一個封閉式的座艙防護屏障，藉由雙側共同受力來強化支撐剛性。當使用者重心不穩向前傾倒時，方形結構能有效分散與抵銷衝擊力，防止因單側受力過大導致扶手斷裂，從而避免乘坐者跌落車外造成二次傷害。

3. 易於控制：依據易於控制原則，扶手的退開與閉合機構採用純物理的機械樞紐設計，排除複雜的電子鎖扣。這種設計確保了在任何情境下（包含緊急逃生或電力完全失效），人員皆可迅速且不費力地透過直覺的推拉動作將扶手打開。物理力矩的直接控制賦予了操作過程最高的可靠度與靈活度。

3.5.3 人因工程方法導入方形扶手之設計

1. 人體計測：運用人因工程中的人體計測方法，依據乘坐者的坐姿手臂自然下垂高度與手部活動範圍進行尺寸分析。於乘坐者前方配置一塊橫向木質支撐板，其高度與寬度設計符合多數人自然垂放之倚靠狀態。此設計提供平穩的手臂倚靠面積，能有效防止乘坐者於車體行進時發生向前傾倒之危險，同時減少肩頸與手部的肌肉疲勞。

2. 人機系統：透過人機系統的互動原理，考量乘坐者上下車與移位時的動態空間需求。將右側扶手前端導入活頁鉸鏈，左側底端配置旋轉樞紐，此多模態的連動設計大幅釋放了側邊的活動範圍。乘坐者能不受物理干涉地輕鬆由側邊滑移至床上或馬桶上，強化了人機之間的空間協調性與移位流暢度。

3. 控制器設計：將控制器設計概念應用於操作介面的最佳化配置。本研究將操控代步車前進、後退、轉向及升降等指令的六個實體按鈕，以及可調速旋鈕（電位器），妥善整合配置於扶手延伸之視線與手部最佳可及範圍內。確保使用者不需過度前傾改變安全坐姿，憑直覺即可進行操控，有效降低操作過程中的認知負擔。

3.5.4 通用設計方法導入方形扶手之設計

1. 公平使用：運用通用設計的公平使用原則，整合雙側不同功能的扶手機構。可水平翻折與向後退開的設計，能同時滿足各種不同失能程度使用者的防護需求與無障礙進出需求。這種具備高度適應性的座艙設計，確保了無論是高齡長者或下肢癱瘓者，皆能安全、平等且獨立地進行轉移位，落實包容各式族群的理念。

2. 省力操作：依據省力操作原則，優化扶手的開闔調節機制。橫向木質支撐板與樞紐機構的作動阻力經過調校，機構本身不需依賴強大的握力或臂力，使用者或照護者僅需輕推即可將扶手退開或對接閉合。透過低物理負荷的機構設計，大幅縮減了變更座艙型態所需的體力與時間。

3. 適當尺寸：運用適當尺寸原則，規劃支撐板的長度與開口範圍。前方的支撐板寬度設計提供了充足且舒適的手臂倚靠面積；而當左側扶手完全退開後所產生的側邊開口尺寸，經過精確計算，確保能容納不同體型使用者由側邊轉移至家具上的活動路徑，徹底滿足無障礙移位之空間尺寸需求。

4.產品設計

本章節主要說明智慧型子母車型態電動代步車之創新設計，透過人因工程、本質安全、通用設計及 TRIZ 方法之分析及相關結構設計之後，進行子母車之創新設計。產品設計結果以產品整體結構大略說明後，再分別以子車與母車可快速分離及結合裝置之設計、子車可以旋轉的坐墊之設計、方形扶手之設計、可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計等內容詳細說明。在產品雛形之結構設計確定後，使用繪圖軟體對產品進行結構設計及繪製零組件。為清楚描述本研究產品之詳細內容，分別以產品零件圖、操作圖及完整結構圖加以說明，詳細說明內容如下。

4.1 產品整體設計

由前幾章的文獻探討與市售產品分析後，可歸納出目前市面上一般販售之電動代步車或輪椅存在幾項顯著缺點：其一為機動性不足，整體結構龐大且無法彈性拆卸，難以靈活進出衛浴等狹小居家空間；其二為缺乏高度升降機構，使用者在進行床鋪轉移或日常起居時，無法調整座椅至合適高度，導致移動極為困難；其三為底盤與座椅設計封閉死板，無法直接推入並定位於馬桶上方，使得失能者或高齡長者難以在無旁人協助下完成如廁動作，影響其生活自理能力。因此，本研究針對上述缺點，設計出一款具備高機動性、升降功能與如廁輔助的「子母推車系統」。為解決機動性不足的問題，本產品採用模組化分離與結合架構。系統分為具備獨立驅動與升降核心的子車，以及提供承載的母車。兩者透過子車底盤前端連接桿滑入母車之固定槽，並以垂直插銷機構，使兩車體能以單人、直覺的方式進行快速結合與分離。在室內狹小空間時，可單獨操作體積輕巧的子車以獲得極佳的機動靈活性。其次，針對如廁輔助與高度轉移之問題，本研究於子車底盤整合了 24V 動力驅動馬達與 12V 升降推桿機構。透過電動升降推桿，乘坐者可依據床鋪或家中馬桶的實際高度進行升降微調；搭配子車底部的空間設計，使其能夠直接推入並安穩停放於馬桶上方，徹底解決傳統代步車無法在馬桶上使用的設計缺陷 。此外，在座艙空間與輔助機構的改良上，子車搭載了以滾珠圓環為核心的水平旋轉坐墊，讓使用者無需移動身軀即可輕鬆完成 90 度的轉向操作。兩側配置的方形扶手亦具備高度機能性。右側扶手結合活頁鉸鏈設計，可將前方的木質支撐板水平翻下與左側配合，形成防止乘坐者於行進或如廁時向前傾倒的實體防護屏障。左側扶手則設計為可向後旋轉退開的樞紐機構，大幅釋放側邊活動範圍，使乘坐者能不受物理干涉地由側邊滑移至床上。本研究應用機械原理將各項零組件進行創新結構改良，並使用 SolidWorks 3D 繪圖軟體設計出產品實體雛形如圖 5、6、7、8 所示，經過多次空間干涉檢查與優化。整體設計不僅有效解決了傳統載具無法於馬桶上使用、缺乏升降功能與機動性受限等三大問題，更進一步提升了操作的便利性、結構安全性。



圖 5 子母車之子車整體結構圖(45 度)
資料來源：本研究自行繪製

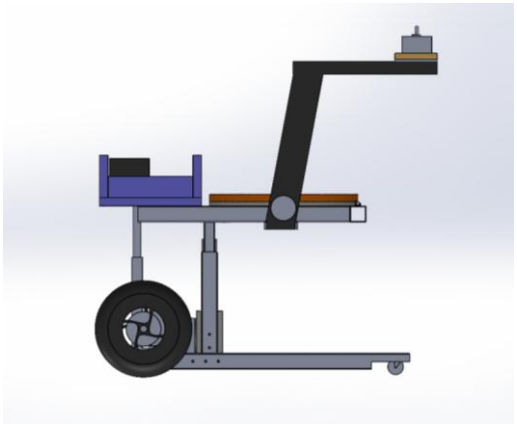


圖 6 子母車之子車整體結構圖(90 度)
資料來源：本研究自行繪製

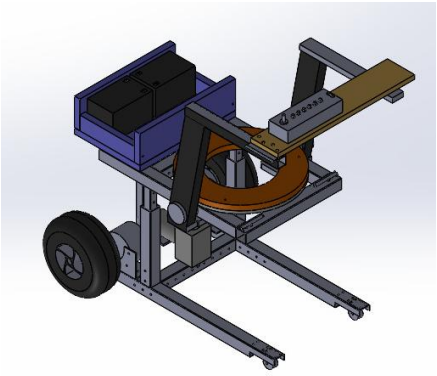


圖 7 子母車之子車整體結構圖(135 度)
資料來源：本研究自行繪製

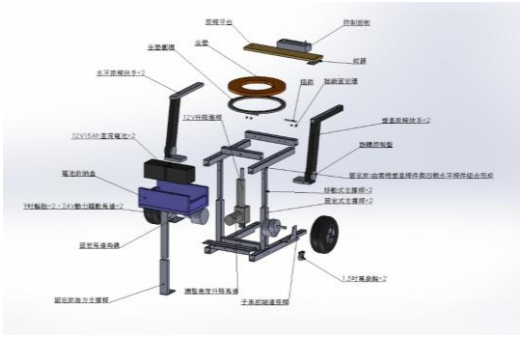


圖 8 子母車之子車整體爆炸圖
資料來源：本研究自行繪製

4.2 子車與母車可快速分離及結合裝置之設計

本研究將子母車快速分離及結合裝置功能，在確保子母車結合後的整體結構剛性與動態行駛安全，如圖 9、10 所示。本設計採用貫穿式實體插銷作為核心鎖固組件。當子車推入母車達到定位後，使用者透過操作位於交接處的插銷機構，使金屬圓柱插銷向下貫穿子母車重疊的對接孔位，達成確實的實體干涉固定，如圖 11 所示。此外，考量到日常操作的便利性，設計上將插銷機構直接固定於母車主結構上，使其具備防脫落功能，有效避免使用者

在頻繁拆裝或攜帶過程中遺失插銷組件。子車前端連接桿插入固定槽後，透過管壁間的緊密貼合，能有效限制兩車體間的相對位移，如圖 12 所示。在母車啟動、行進或轉向時，此結構能抵銷側向作用力，防止車體產生左右晃動或偏移現象，確保行駛過程中的動態穩定性。

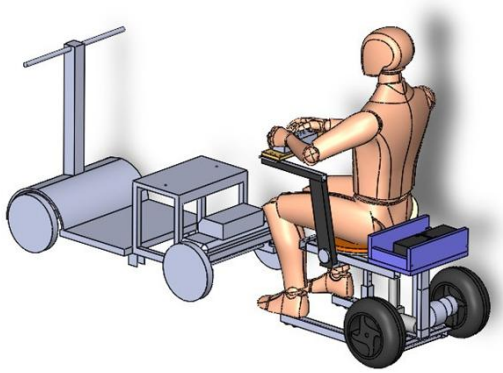


圖 9 子車與母車分離狀態
資料來源：本研究自行繪製

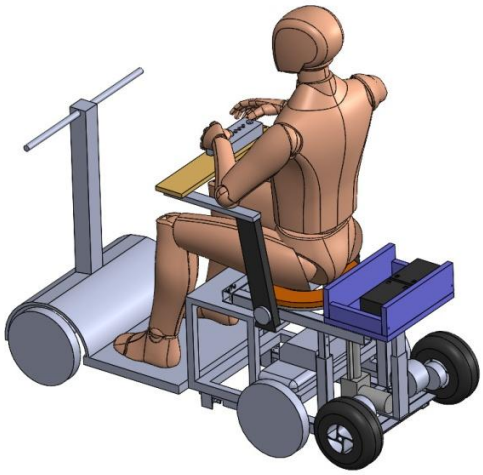


圖 10 子車與母車結合狀態
資料來源：本研究自行繪製

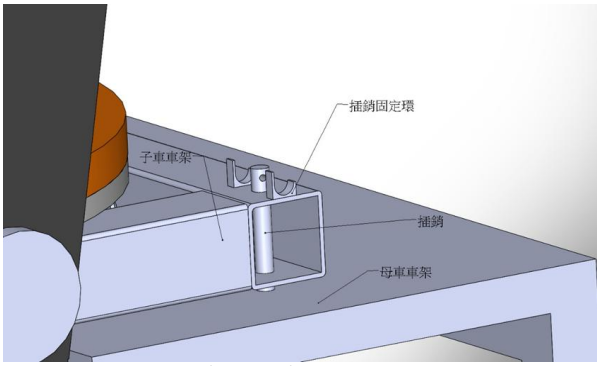


圖 11 子車與母車結合之插銷裝置
資料來源：本研究自行繪製

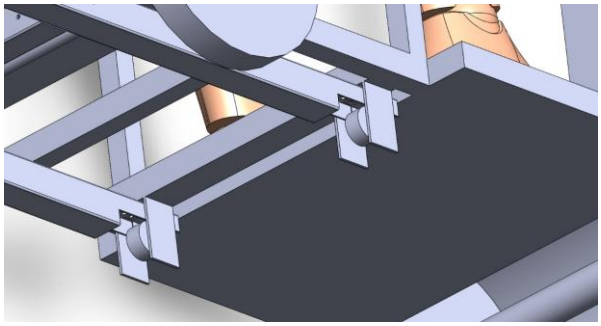


圖 12 子車前端連接桿與母車固定座結合之裝置
資料來源：本研究自行繪製

4.3 可以升降、移動、轉動的子車裝置之設計

本研究將可以升降、移動、轉動的子車裝置功能，透過實體機構與機電整合設計具體實現。本節涵蓋垂直升降機構、平面驅動機構與核心電控裝置之詳細說明，以展現子車之多自由度操作性能 。

子車之垂直高度調節採用 12V 直流電動升降推桿作為核心致動器 。該推桿機構垂直配置於子車主車架之中央軸線上，兩端分別連接底盤固定座與上方之移動平台，如圖 13 所示。透過內部馬達驅動導螺桿旋轉，將旋轉運動轉換為直線位移，進而推動座椅平台進行平穩的垂直升降。此設計使子車能動態適應不同使用者的體型需求或對接母車時的高度基準，並利用螺桿機構自鎖特性確保載重狀態下之安全性，如圖 14、15 所示。

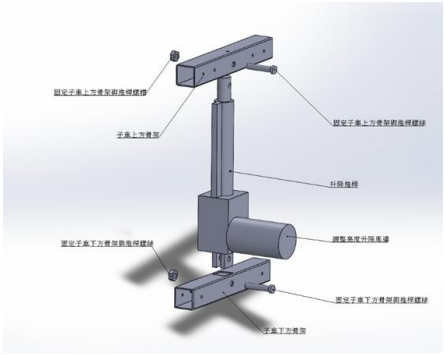


圖 13 電動升降推桿固定方式之爆炸圖
資料來源：本研究自行繪製

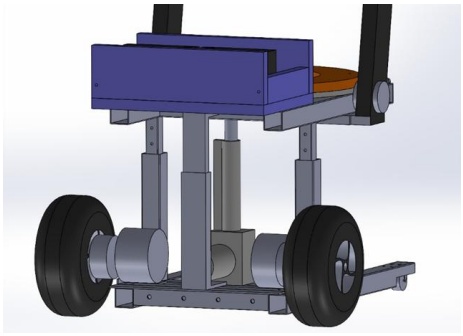


圖 14 電動升降推桿未升降之型態
資料來源：本研究自行繪製

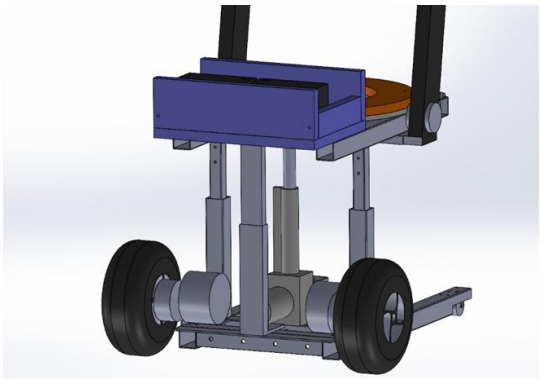


圖 15 電動升降推桿升降之型態
資料來源：本研究自行繪製

子車的平面移動動力源自配置於底盤後方的兩組 24V 直流動力驅動馬達。兩具馬達採左右獨立配置，分別直接驅動兩側之後方主輪，如圖 16 所示。在驅動與轉向控制機制上，本研究導入差速轉向原理。當車體需直線前進或後退時，系統輸出相同功率至左右馬達；若需進行轉向，電控裝置則會給予左右馬達不同之轉速訊號，或控制單側馬達反轉，利用兩輪之轉速差產生力矩，使車體達成原地迴轉之轉向作動。同時，子車前端連接桿配置無方向限制之被動式萬向輪，用以提供多向滾動支撐，確保差速轉向作動時的順暢度與靈活性，如圖 17 所示。

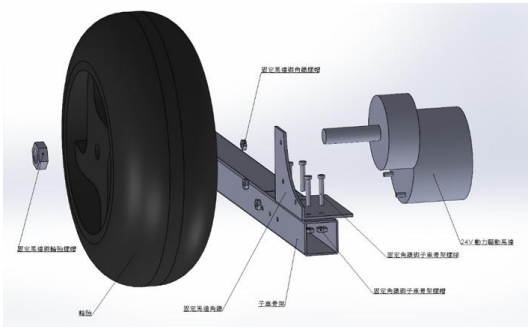


圖 16 動力驅動馬達與後方主輪結合之爆炸圖
資料來源：本研究自行繪製

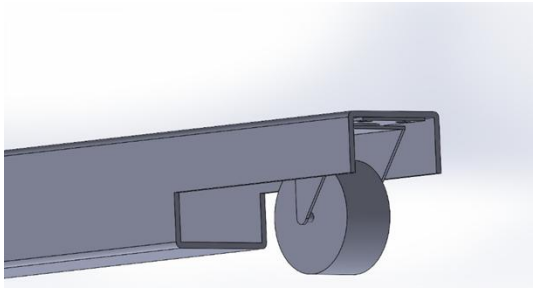


圖 17 子車前端連接桿之萬象輪
資料來源：本研究自行繪製

整體機電系統之資訊處理中樞採用 Arduino Mega 控制器開發板作為控制核心，負責接收使用者操作指令並控制各馬達動作。系統共設計六個按鈕，分別用於控制車體之前進、後退、左轉、右轉，以及電動推桿之上升與下降，使使用者可透過簡單按壓按鈕達到直覺式操作。在動力控制方面，本系統採用三組 BTS7960 馬達驅動模組 進行驅動控制，分別對應左右驅動馬達與推桿馬達。該模組具備大電流輸出能力，適合應用於高功率直流馬達，並可透過 PWM 訊號達成速度調整與正反轉控制。電源系統部分，採用兩顆 12V / 15Ah 電池串聯形成 24V 電源，提供主要動力來源。為提升安全性，於主電源迴路中設置無熔絲開關（斷路器）作為 24V 電源總開關，當發生過電流時可自動斷電保護系統。此外，系統另設置一組船型開關作為 12V 輔助電源控制，用於低功率元件之供電切換。為提升操作靈活性，本系統亦設計一組可調速旋鈕（電位器），透過類比訊號輸入至 Arduino，並轉換為 PWM 輸出控制馬達轉速，使車輛速度可依需求進行連續調整，而非僅有固定速度模式，如圖 18 所示。



圖 18 電控系統架構示意圖
資料來源：本研究自行繪製

4.4 子車可以旋轉的坐墊之設計

本研究將可旋轉坐墊之裝置功能，整體結構包含上層座椅與下層旋轉軸承模組。上層採用環形木板作為乘坐面之基礎承載結構，其環狀設計可減輕重量並配合下方旋轉機構，如圖 19 所示。上層坐墊與下方子車車架之間，配置一組具備滾珠設計之金屬圓環作為迴轉支承機構，利用內外環間的滾珠滾動來承受乘坐者的軸向負載，並大幅降低旋轉作動時的摩擦阻力，使使用者無需移動身軀或大幅扭轉軀幹，即可輕鬆達成 90 度之平順轉向操作。在組裝與固定方式上，採用多組螺栓與螺帽進行貫穿式剛性固定，將滾珠圓環分別與上層木板及下層金屬底架緊密鎖合如圖 20 所示。此交錯獨立的固定方式確保了上下層結構能夠沿共同中心軸進行相對旋轉，同時維持整體座椅的承重安全性與防止作動時脫離。

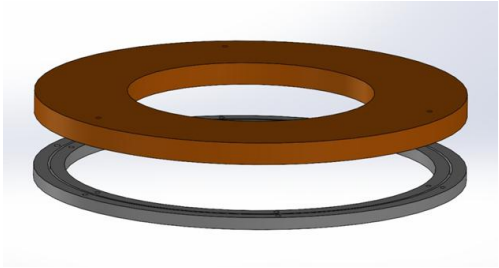


圖 19 子車座椅之裝置
資料來源：本研究自行繪製

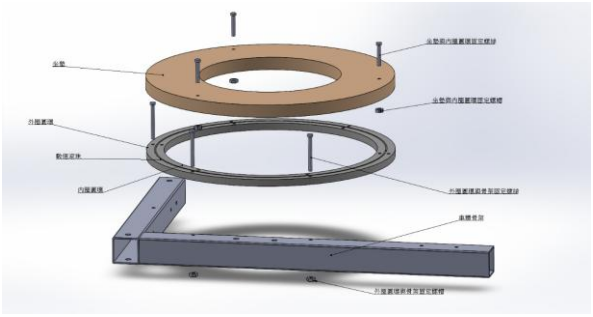


圖 20 座椅之固定方式爆炸圖
資料來源：本研究自行繪製

4.5 方形扶手之設計

本研究將方形扶手之設計功能，於乘坐者前方配置一塊橫向木質支撐板。此支撐板提供平穩的手臂倚靠面積，有效防止乘坐者於車體行進或緊急煞車時發生向前傾倒之危險如圖 21 所示。在機構配置上，右側扶手前端導入活頁鉸鏈裝置，使前方的橫向支撐板可進行水平翻折作動，並與左側扶手相互對接配合，；此設計能形成一封閉式的座艙防護結構，藉由雙側共同受力來強化整體的支撐剛性與防傾倒效益如圖 22、23 所示。左側扶手底端配置了可旋轉之樞紐機構，當需要上下車時，使用者可將左側扶手整體向後旋轉退開，大幅釋放側邊活動範圍，使乘坐者能不受物理干涉地由側邊輕鬆進出車廂，如圖 24、25 所示。

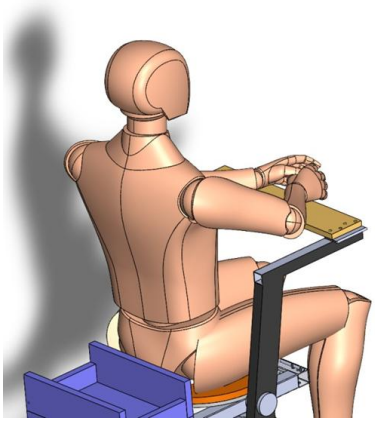


圖 21 方形扶手之設計
資料來源：本研究自行繪製



圖 22 右側扶手收起型態
資料來源：本研究自行繪製

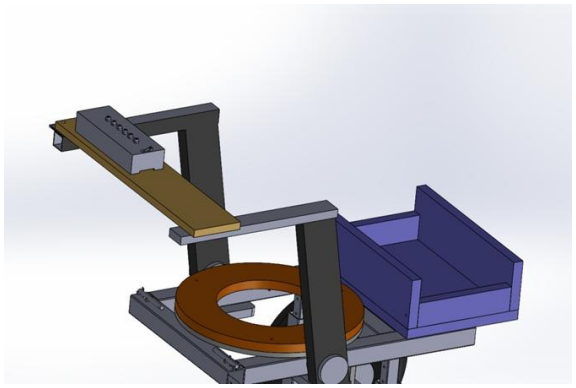


圖 23 左側扶手使用型態
資料來源：本研究自行繪製

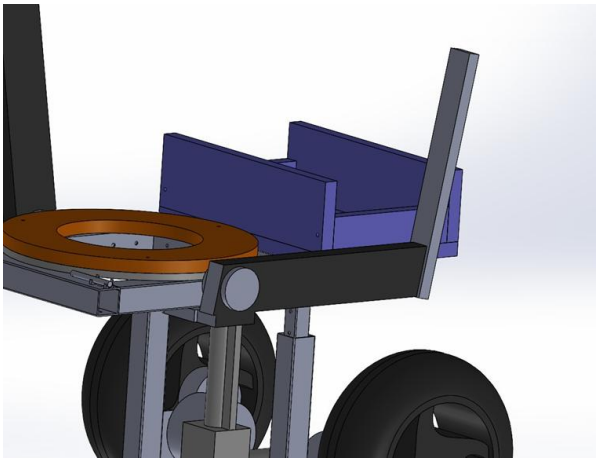


圖 24 左側扶手收起型態
資料來源：本研究自行繪製

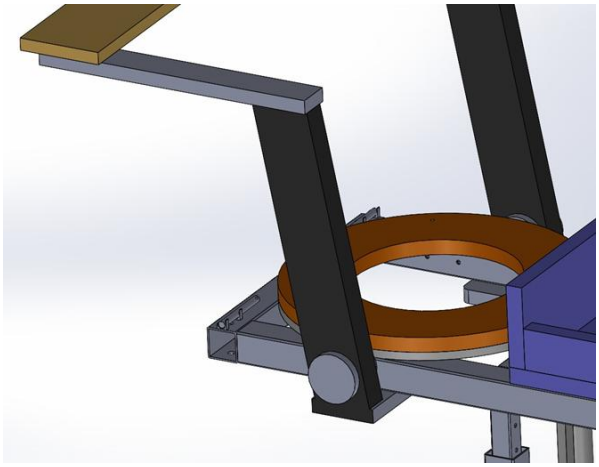


圖 25 左側扶手使用型態
資料來源：本研究自行繪製

5. 結論與建議

本研究根據第一章研究背景動機與目的，第二章文獻探討，第三章 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法，最後透過第四章之產品結構設計方法，得到以下智慧型子母車型

態電動代步車的結果，相關結論及建議說明分別如下。

5.1 結論

老齡人口、腿腳受傷、身體衰弱的一部分人自己或家屬會買電動代步車使用。雖然目前市面上已經有很多電動代步車款式，但大多數都有不能獨立上廁所、無法因應室內各家具高度、室內外代步車不通用等問題，因此如果能用子母車快速分離結合裝置、旋轉坐墊、保護扶手、升降子車，就能獨立因應各種生活中室內、室外會用到的狀況。本研究應用 TRIZ 方法、本質安全設計方法、人因工程方法及通用設計方法，設計出一款能應付各種場景的智慧型子母車型態電動代步車。

1. 子母與母車快速分離及結合的裝置：將插銷固定在子車與母車上的對孔來結合兩車，簡單直白的方式減少使用者負擔，插銷放置作墊旁使用起來直接、順手，連接桿對接結構引導子車固定，提高行駛時的安全度、穩定度。

2. 可升降、移動、轉動的子車裝置：電動升降的座椅幫助使用者因應不同情況，將使用者送去臥室床鋪、客廳沙發、廚房餐桌、廁所馬桶等場景都能調整最佳的高度，馬達差速轉向驅動讓使用者在室內使用子車時能靈活轉彎及避開障礙物，應付各種情況的室內場景。

3. 可水平旋轉的座墊機構：環形木板乘載結構讓使用者如廁時不用下子車，可直接坐在子車上如廁，減少上頻繁上下車帶來的體力消耗與危險，滾珠金屬圓環支撐能改變座墊轉向協助使用者在不同場景選用最適合的角度上下車，子母車結合時也能順利的避開危險處。

4. 方形保護的扶手：橫向木質支撐板防止使用者發生傾倒等危險情況，增加安全度，扶手右側活頁鉸鍊可翻作摺動作讓橫向支撐板能就位或收起，左側扶手旋轉機構能使扶手靈活改變位置，上下子車時能往後扳扶手提供上下車空間，坐上子車時再向前扳扶手提供支撐保護。

5.2 建議

1. 子母與母車快速分離及結合的裝置：目前的插銷設計雖然直覺，但對於手部細微動作受限的長者，精準對位可能仍有難度。如果在連接桿前端加入強力磁吸導引機制，當子車靠近母車時，磁力會自動協助導正位置。此外，應增設一組電子式解鎖感應器，唯有當插銷完全正確貫穿並鎖定後，母車的電力驅動系統才可啟動，以避免因人為疏忽導致行駛中脫鉤的風險。

2. 可升降、移動、轉動的子車裝置：子車雖然具備升降功能，但使用者頻繁調整高度仍嫌繁瑣。如果導入「場景預設高度」功能，讓使用者可一鍵切換至「床鋪」、「用餐」或「如廁」等最佳高度。在安全性方面，必須加入高度連動限速機制：當座椅升至高位時，系統應自動限制行駛速度，並透過感應器偵測周遭障礙物，預防因重心偏高在移動或轉向時發生側翻意外，確保室內操控的絕對穩定。

3. 可水平旋轉的座墊機構：考慮到如廁功能的特殊性，環形座墊與滾珠結構應採用高耐腐蝕、防水且易清潔的材質，以防止異味殘留與機構鏽蝕。此外，座墊旋轉機構應設計自動定位卡榫，僅在靜止狀態且解鎖後方可轉動。如果增加一組連動裝置，當座墊處於「如廁狀態」或「旋轉角度」時，子車應自動斷電或鎖定輪胎，防止因身體移動重心偏移導致車體滑動。

4. 方形保護的扶手：扶手是使用者上下車唯一的支撐點，現有的結構如果優化為高摩擦係數的軟質防滑墊複合材料，可以提升握持感並避免手部受傷。如果加強左側旋轉機構的多段式定位功能，可以確保扶手在受力時不會因震動而意外翻動。同時，在扶手兩側加入感應式輔助照明燈，當使用者在昏暗室內（如半夜起床）操作扶手時能自動亮起，增加環境識別的安全感。

參考文獻

1. 必翔實業(2026)。 UL8WFE 電動輪椅車。2025 年 5 月 5 日取自網址：https://www.pihsiang.com.tw/?page_id=1808
2. 國家發展委員會(2026)。國家發展委員會人口推估查詢系統。2025 年 5 月 6 日取自網址：https://pop-proj.ndc.gov.tw/default.aspx
3. 王甦菁（2016）。老年智能代步車。發明專利公告號為 I677338 號，經濟部智慧財產局。
4. 葉忠福 (2013)。創新發明原理與應用,新北市:揚智文化事業股份有限公司。
5. Chou, J. R. (2014). An ideation method for generating new product ideas using TRIZ, concept mapping, and fuzzy linguistic evaluation techniques.Advanced EngineeringInformatics, 28, 441-454.
6. 陳俊瑜、廖雁亭 (2007)。以本質較安全策略進行機台安全設計實例分析——以 TFT-LCD 廠為例。國立交通大學產業安全與防災組碩士論文。

7. 張國基 (2006)。高科技廠房本質較安全設計策略應用可行性研究-建置本質較安全應用機制。國立交通大學工學院碩士在職專班產業安全與防災組碩士論文。
8. Elbert, K. E. K., Kroemer, H. B. & Hoffman, A. D. K. (2018). Introducing Ergonomics and Human Factors Engineering.
9. 陳明石及呂佳珍 (2014)。沐浴空間之通用設計原則,設計與環境,15,15-32。