



# 自行車暨健康科技季刊

Cycling & Health Tech Industries

- MBD 車架設計優化技術
- 中置配套振動分析
- 馬達與控制器的應用
- 助行器及帶輪助行器之靜態、疲勞強度測試法介紹
- 自行車產業安全要求現況與發展趨勢概述
- 高齡健康運動科技產品的趨勢與技術類型
- 電輔車代謝當量控制技术



ISO 9001



產業服務範圍 Industry service coverage:

- B 自行車產業 Bicycle industry
- F 健身器材產業 Fitness equipment industry
- E 電動自行車產業 Electric bicycle industry
- M 醫療輔具產業 Medical aids industry

服務項目:

· 結構、機構設計與分析 · 產品檢測技術輔導 · 服務與委測 · 機電整合 · 專案輔導、執行

本刊物為自行車暨健康科技中心執行經濟部委計畫之產出物，  
內容以產業開發產品所須之資訊為主。

Cycling & Health Tech Industries  
自行車暨健康科技季刊

台灣郵政中台字第1637號  
台灣郵政中台免字第4859號執照 登記為雜誌類



財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心 Cycling & Health Tech Industry R&D Center  
地址：407 台中市台中工業區37路17號 Address: 407 No. 17, 37 Rd., Taichung Industry Park, Taichung  
電話：886-4-23501100 傳真：886-4-23590743 <http://www.tbnet.org.tw>

ISSN 2411-3158



定價 200 元 季出刊

中華民國九十一年二月創刊 / 第一二一期

法律顧問 / 英典法律顧問

發行單位 / 財團法人自行車  
暨健康科技工業研究發展中心

發行人 / 白政忠

總編輯 / 吳永盛

編輯委員 / 蔡博名、劉志豪、陳中杰、顏嘉白、  
賴永培、顏淳和、顏維慶

執行編輯 / 陳俐安

網站編輯 / 陳俐安

地址 / 台中市台中工業區37路17號

電話 / 04-23501100

傳真 / 04-23590743

網址 / [www.tbnet.org.tw](http://www.tbnet.org.tw)

封面設計 / 啟得事業有限公司

承印 / 啟得事業有限公司

廣告專線 / 04-23501100分機222 陳俐安小姐

訂閱專線 / 04-23501100分機222 陳俐安小姐

E-Mail: [annchen@tbnet.org.tw](mailto:annchen@tbnet.org.tw)網址 / [www.tbnet.org.tw](http://www.tbnet.org.tw)

## 研發專欄

01 MBD車架設計優化技術

邱文彬



10 中置配套振動分析

張偉庭、黃耀輝



## 創新專欄

19 馬達與控制器的應用

陳星宇



## 檢測專欄

24 助行器及帶輪助行器之靜態、疲勞強度測試法介紹 許震華



32 自行車產業安全要求現況與發展趨勢概述

業務組



## 健康專欄

38 高齡健康運動科技產品的趨勢與技術類型

賴世平



## 三電專欄

45 電輔車代謝當量控制技術

廖忠義



PS. 執行編輯 / 陳俐安

本刊物為自行車暨健康科技中心執行經濟部專案計畫之產出物，內容以產業開發  
產品所須之資訊為主服務項目：  
• 結構、機構設計與分析  
• 產品檢測技術輔導、服務與檢測  
• 機電整合  
• 專案輔導、執行

登記證字號：

台灣郵政中台字第1637號

台灣郵政中台免字第4859號執照

登記為雜誌類

※本文件著作權屬財團法人自行車暨健康  
科技工業研究發展中心所有未經許可不  
得引用或翻印。

## 三電整合 自行車市場中流砥柱

自行車市場景氣已逐步回升，傳統自行車庫存去化過程尚未結束，但電動輔助自行車市場仍舊蓬勃發展，尤其是 E-Cargo Bike 相關產品不斷推陳出新，成為百家爭鳴的必爭市場。

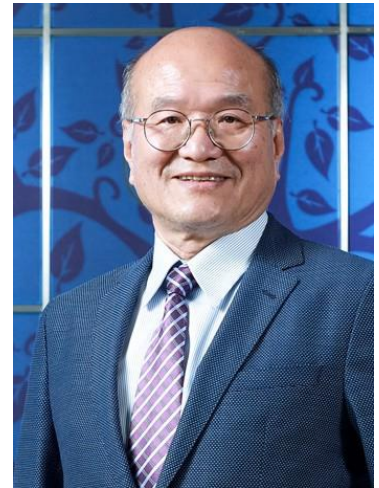
搭載中置式馬達的電動輔助自行車已經成為歐洲主流，隨著汽車與電子電機等世界級大廠的投入，三電整合系統已然成為兵家必爭之地，更造就電動輔助自行車市場的快速成長，未來十年如載貨、載兒童與寵物等各類用途之電動輔助自行車將成為自行車產業新藍海，而平台化與生態化設計當然不可或缺，淨零碳排與循環經濟相關考量也會是電動輔助自行車未來重點發展項目。

只要願意迎接挑戰，這將是一個絕佳的機會；但若把它當成發展的障礙，接下來就只能被時代所淘汰。願共勉之！

敬祝

商祺

董事長 白政忠





# M B D 車架設計優化技術

隨著自行車運動日漸流行，消費者對於車架的性能要求也越來越高。傳統的車架設計過程往往依賴工程師的經驗和大量實車試驗，開發週期冗長，效率低下。如何縮短設計週期、提高車架性能已經成為當務之急。在這種背景下，基於模型的設計(Model-Based Design, MBD)技術為車架優化設計提供了新的解決方案。MBD 技術的核心理念是在虛擬環境中建立產品的數位孿生，並通過模擬分析找到最佳設計方案，大大縮短了傳統基於人力試錯的開發週期。

文/技研部 邱文彬 #323

## 一、研究背景

隨著自行車運動的日益普及，消費者對車架的性能要求不斷提高。傳統的車架設計過程高度依賴工程師的經驗和大量實車試驗，開發週期冗長，成本高昂。如何縮短開發時間、降低成本、提升車架性能已經成為自行車產業亟待解決的問題。

在這種背景下，基於模型的設計(Model-Based Design, MBD) (圖 1) 技術為高階全避震車車架的優化設計提供了新的解決方案。MBD 技術的核心理念是在虛擬環境中建立產品的數位孿生(Digital Twin)，通過電腦模擬分析找到最優設計參數，大大減少了實車製造和測試的需求，從而縮短開發週期、降低成本。

本研究旨在建立一套基於 MBD 的全避震車車架優化設計流程，針對避震品質的關鍵指標如力比值、踏板回擊角度、瞬心位置及防沉特性等進行綜合評估和優化。通過參數化的 3D 虛擬物理模型，結合優化算法，快速尋找滿足各項指標要求的最佳設計方案，從而提高車架的整體性能表現。

該設計流程將避震品質特性指標數值

化，建立目標函數，並將影響這些指標的設計參數引入優化算法中進行演算，最終導出一組最佳參數組合。這種基於模型的優化設計方式，可以最大限度避免傳統"設計-製造-測試"反覆的浪費，根據電腦模擬結果預測性能並確定最佳方案，大幅縮短開發週期和成本。該優化設計技術可提高我國自行車產業的產品附加價值和國際競爭力。

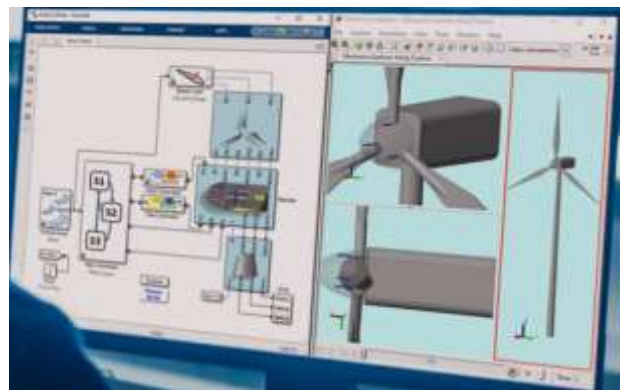


圖 1. MBD 設計示意圖

## 二、研究目的

本研究旨在針對電輔車車架設計優化技術進行探討，以期協助國內廠商提升產品競爭力。具體而言，本研究將聚焦於以下目標：

- 建立電輔車車架懸吊系統 MBD 模型，提供整車、車架廠快速評估重要避震



性能設計指標之工具。

- 發展電輔避震車虛擬轉點、車型品質特性與最佳化數據規劃研究，藉由力比值、踏板回擊角度、瞬心、防沉等指標進行數據產出。
- 建立車架轉點系統快速模擬分析技術，並開發 GUI 介面，提供使用者簡易操作。

## 2-1 研究方法

本研究將採用以下方法進行：

- 建立電輔車車架懸吊系統 MBD 模型：利用 Matlab 平台進行物理模型建構，模擬車架轉點系統的動態行為。
- 發展電輔避震車虛擬轉點、車型品質特性與最佳化數據規劃研究：針對力比值、踏板回擊角度、瞬心、防沉等指標進行數據產出，並分析其與車型品質特性的關係。
- 建立車架轉點系統快速模擬分析技術：開發 Matlab 優化函數，將所有功能整合至 GUI 介面中，提供使用者快速模擬分析。

## 2-2 研究參數(圖 2)

本研究將聚焦於以下研究範圍：

- 虛擬轉點型式 MBD 模型：建立虛擬轉點型式的 MBD 模型，以模擬車架轉點系統的動態行為。
- 4 連桿型式：模擬 4 連桿型式的車架轉點系統，每個轉點包含 X、Y 變數。
- 含避震器共有 7 個轉點，14 個可變參

數：考慮避震器後，車架轉點系統共有 7 個轉點，14 個可變參數。

- 計算瞬心：計算瞬心位置，需加入大盤齒數、後飛輪齒數與 SAG(Sinkage) 位置等 3 個變數。
- 11 組 input 變數與 3 組目標：將上述研究範圍整合，共計 11 組 input 變數與 3 組目標。



圖 2. 變數與目標設定

## 2-3 實施方法

本研究以 4 連桿虛擬轉點的設計方法進行研究，透過車架連桿的佈置，在下叉為雙轉點規則(虛擬轉點之分類)，預計使用商業 Matlab 之電腦輔助設計軟體為系統執行應用平台，提升廠商產品縮短開發時間之能力，以方便後續之修改，減少試作次數及時間，並提高效率，增加整體產業競爭力。

預計進行虛擬轉點(Horst Link)車型品質特性數據規劃研究，藉由力比值(Linkage ratio)、踏板回擊角度(pedal kickback)、瞬心(Instant Center)與防沉(Anti-squat)技術等品質指標等產出數據，作成物理(MBD)模型，配合開發 GUI 介面的程式，產出客製化-虛擬轉點(Horst Link)設計平台，讓後續車架懸吊設計流程

順利加快，其中客製化設計平台是結合程式語言軟體與所提供應用介面撰寫加上 MBD 而成應用平台，在設計平台下可快速計算取代過往繁雜之人工手續流程，縮短廠商產品設計時間之能力，增加產品競爭優勢，並提高效率，增加整體產業競爭力。

- (1) 收集虛擬轉點資料進行研究
- (2) 規劃參數與品質特性指標
- (3) 建立 MBD 物理模型
- (4) 建立 4 個避震車的特性
- (5) 產出客製化-虛擬轉點(Horst Link)設計平台
- (6) 導入優化設計功能，產出優化轉點

### 三、研究成果

本研究以建立物理模型(MBD)，並進行避震品質特性車架分析。

#### (一)建立避震品質特性模型

##### 3-1 力比值(Leverage ratio)

力比值(槓桿比)：車架的槓桿比越高，避震器則要打的氣壓要越高，或使用的彈簧要越硬，同時車架轉點接觸的受力也會越大，車架的結構強度也需要更增強，車架設計難度會更高，如果力比值太小，避震器行程變大，則有安裝空間受限的問題。以往傳統設計，通常會設上下限，故力比值在合理的範圍，符合較實際的車架設計應用。在建立力比值特性圖之前，我們需先行定義力比值。

定義：假設避震器可壓縮行程是 30mm，若車架後輪抬高量(圖 3)是

120mm 行程，則力比值應為  $120/30=4$ 。

$$\frac{\text{後輪抬高量}}{\text{避震壓縮量}} = \text{力比值}$$

圖 3. 力比值定義

建立 MBD 模型前，需先規劃可參與變數，依上述避震特性系統架構，力比值屬後三角系統架構，針對後三角的連桿與避震器轉點需加以參數化。依以下步驟分段實施：

- (1) soliworks 3D 建立 2D 模型整車車架模型草圖(圖 4)
- (2) 3D 繪圖不參與變數之車架零件(圖 5)
- (3) 規劃車架後三角連桿轉點座標，定義 4 連桿 7 個轉點座標，每個座標包含 2 個變數(X·Y)(圖 6)

定義 BB 為圖面圓心(0·0)

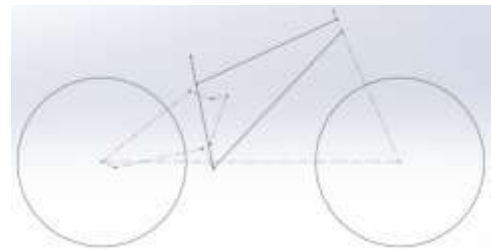


圖 4. 2D 整車草圖模型



圖 5. 3D 前三角模型

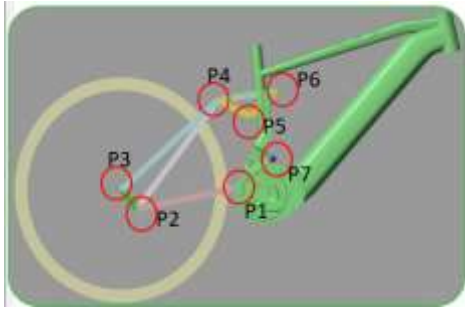


圖 6. 參與變數之轉點

建立力比值 MBD 模型，技術說明如下：

建立 Matlab simscape 3D 模型步驟，先匯入前三角車架實體，並使用 simulink 元件建立連桿，輸入變數座標，並依序建立每根連桿的角度與自由度，再建置每個轉點位置的感測器，收集資料。建立好的 3D 物理模型(圖 7)，MBD 如下圖。

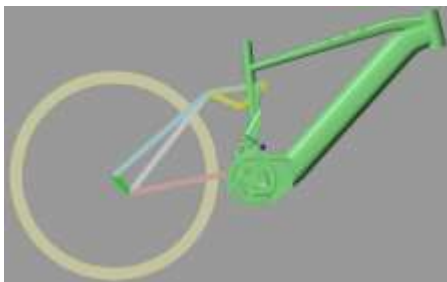


圖 7. simscape multibody

Simulink 元件後三角連桿運動佈置流程圖如下圖(圖 8)

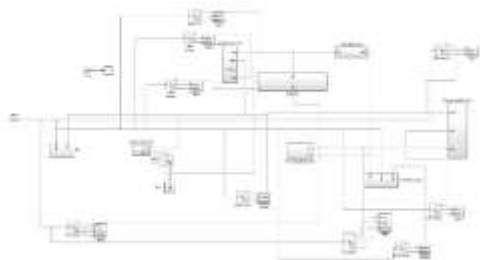


圖 8. simulink 連桿佈置

### 3-2 瞬心(Instant center)

在理論力學上，瞬心還可以指瞬時速度中心，簡稱速度瞬心或瞬心。作平面運動的剛體，每一瞬時在平面圖形上(可在

圖形內，也可在圖形外)速度等於零的點。例如車輪在直線軌道上作無滑滾動時，車輪平面上與軌道接觸的點即是。如不作平動，剛體或其延拓部分上唯一的瞬時速度為零的點。

速度瞬心有以下三個特點：(1) 速度為零；(2) 必定位於各質點速度的垂線上；(3) 各質點的速度之比等於各點到瞬心的距離之比。速度瞬心在平面圖形上的位置不是固定的，而是隨時間變化的，然而當作定軸轉動時，速度瞬心位置不變。每一個作平面運動的圖形內各點的速度分布情況與圖形在該瞬時以某一角速度繞速度瞬心轉動時一樣；若此時角速度為零，則各點的速度分布情況與圖形作平動時一樣。利用速度瞬心的概念來求平面圖形上各點的速度，可使問題得到簡化。

瞬心是多連桿運動時的瞬間旋轉中心，由於鏈條之拉力，如未通過避震車架連桿的瞬心，則造成騎乘者騎乘避震車時有分力造成壓縮或拉伸避震器的現象，造成騎乘能量損耗，設計時儘量讓瞬心位於鏈條的延伸線上，避免力矩的產生。

在 Horst Link 上的虛擬轉點設計通常位於下叉管(seatstay)上，而使得後輪軸到前三角的連結之間有 2 個轉點，其他的連桿只是用來改變對避震器的驅動方式，若看它的在行程中後輪軸運動的後輪軌跡則是一個非正圓的圓弧，因此它在踩踏方面的表現與固定轉點的車架不相同，一般業界稱虛擬式轉點。

在避震車架壓縮過程中上，4 連桿運動

瞬間之相對 IC 瞬心座標點，如下圖。(圖 9)

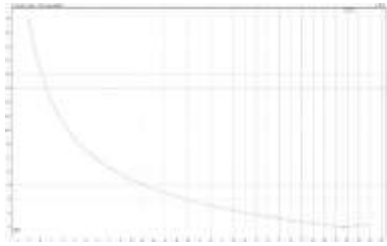


圖 9. Horst Link 瞬心座標圖

瞬心到鏈條最短距離圖：

由於要計算瞬心到鏈條最短距離，但變速器有多段的齒比問題，故加入大盤齒數 (T1) 與後飛輪齒數 (T2) 2 個參數，故目前共有 11 個參數，當作求解鍊條直線方程式，再計算瞬心到鏈條最短距離。以下為最短距離圖 simulink 流程圖與最短距離圖(圖 10)。

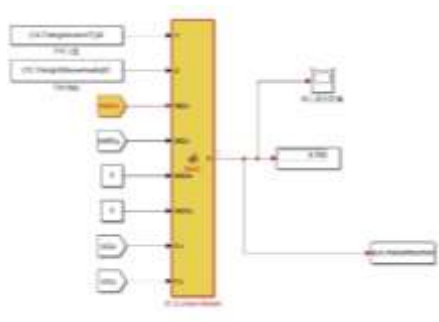


圖 10. 最短距離的 simulink

### 3-3 踏板回擊角度(pedal kickback)

當壓縮避震器時，由於五通中心(BB)到後輪軸心之長度(RC)會變化，鍊條的張力拉伸導致曲柄往反向轉動。踏板回擊描述了後下叉長度(RC)在連桿運動階段的變化。在後三角伸展過程中，後方連桿與後輪軸之間的距離增加，這導致鏈條長度發生變化，將曲柄向後拉動以對抗踩踏運動。如果曲柄在上止點回彈並在與踩踏相反的方向意外“撞到空隙”，這可能會導致行駛穩定性的喪失，有可能造成騎乘車受傷

(圖 11)。



圖 11. 踏板回擊示意圖

踏板回擊和 Anti-squat 是密不可分的，兩者是相對的，越高的 Anti-squat 會帶來越嚴重的踏板回擊。由於鏈條的長度是始終不會改變的，而 Anti-squat 大多數情況下是利用鏈條拉力來實現。在踩踏的過程中，避震是會根據地面做出實時反饋的，為了減少踩踏過程中避震的運作，Anti-squa 會利用鏈條拉力，鏈條會拽著曲柄向後移動(反方向)，因此踏板回擊會對操控產生影響。踏板回擊由曲柄迴轉的角度來計算。

如下圖，在後輪抬高的一瞬間，原始 RC 長度為  $L_1$ ，新位置 RC 長度為  $L_2$ ，其  $L_3$  為  $L_2-L_1$  的長度差異，其所需要多出的長度距離  $L_3$ ，會造成鍊條拉扯，而形成踏板回擊，再根據大盤的節圓尺寸角度來換算踏板回擊角度(圖 12)。

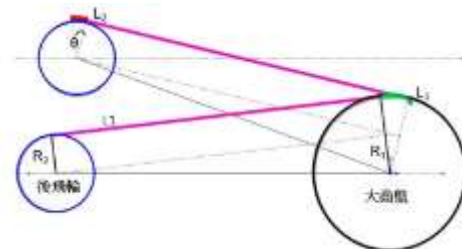


圖 12. 踏板回擊原理示意圖

下圖為踏板回擊 simulink 元件佈置圖(圖 13)。

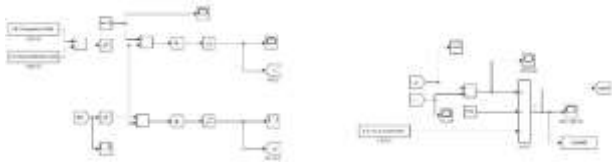


圖 13. 踏板回擊的 simulink

### 3-4 防沉(Anti-squat)

當自行車加速時，負載會轉移到後輪並增加後懸吊的重量或負載，會壓縮後避震器的作用，就像煞車時的重量轉移壓縮前叉一樣，導致自行車在加速時壓縮(下蹲)，踩踏效率減少。然而，通過使用懸吊設計的佈局，我們可以賦予自行車防蹲幾何趨勢，抵消負載傳遞的壓縮，減少踩踏損耗，從而在自行車加速時提高轉向的操控性能。

騎乘者在踩踏的過程中會產生向下的力，這些力會壓縮避震器，Anti-squat 能抵消這種力。Anti-squat 防下沉性可視為避震系統對鏈條拉力的反應，廠商主要用百分比來量化這一數據。0% 防下沉表示鏈條拉力不會對避震系統產生影響，向下的力會導致避震壓縮，換言之踩踏效率不高。100% 防下沉則表明鏈條拉力剛好抵消了該向下的力，換言之踩踏效率較高。當然由於登山車在騎行過程中會不斷轉移重心，所以該向下的力也是時刻處於變化的，所以這就讓 Anti-squat 成為一種較為複雜的數據。

防沉計算要先找出整體重心高度(HG)，這個高度決定了負載轉移壓縮後避震的強度。接著以後輪軸到主轉點連成一條線，

再以鏈條張力方向為另一條線，這兩條線延伸出去的交點我們稱之為 Ia，把 Ia 跟輪胎接地點連成一條線，這條線跟前輪軸垂直於地面的高點高度(y)，這個值代表了反向抵抗避震壓縮力道的強度。將 y 與 HG 的比值定義為 anti-squat ratio。如果這個值等於 100%，則避震器不受踩踏影響而作動。如果這個值小於 100%，如圖所示，則避震器會壓縮；反之，則避震器會拉伸(圖 14)。

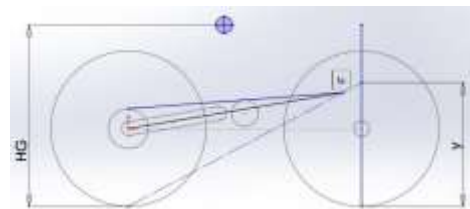


圖 14. 防沉原理示意圖

建立 Matlab Simscape 3D 模型步驟，先建立前三角連桿實體，並使用 simulink 元件建立連桿，輸入前三角參數，並依序建立每根連桿的角度與自由度，再建置每個轉點位置的感測器，收集資料。建立好的 3D 物理模型 MBD 如下圖(圖 15)。

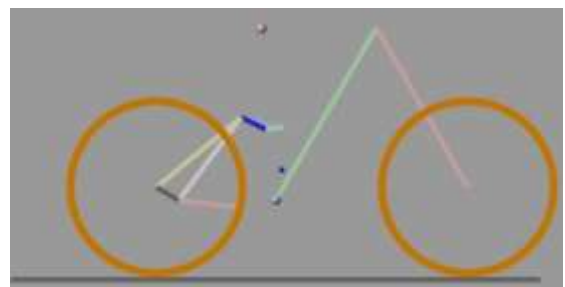


圖 15. 車架防沉 Simscape Multibody

建立好車架 MBD，將計算方程式寫入 m.file，其中步驟如下。

- (1) 建立 2 輪組接地線
- (2) 建立重心位置(h1)

- (3) 建立瞬心位置(IC)
- (4) 建立後叉端與 IC 的直線方程式(L1)
- (5) 建立鍊條直線方程式(L2)
- (6) 建立(L1-L2)兩線交點(IFC)
- (7) 建立後輪支撐點與 IFC 的直線方程式(L3) (防沉線)
- (8) 建立 L3 與前輪端點垂直線的交點(h2)

下圖為防沉百分比的 simulink 元件佈置圖(圖 16)。

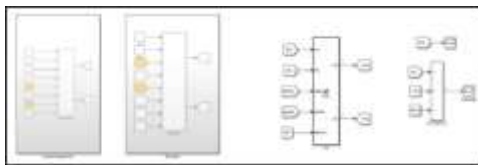


圖 16. 車架防沉的 simulink

### 3-5 優化設計(Optimization Toolbox)

本計畫預計的流程步驟：

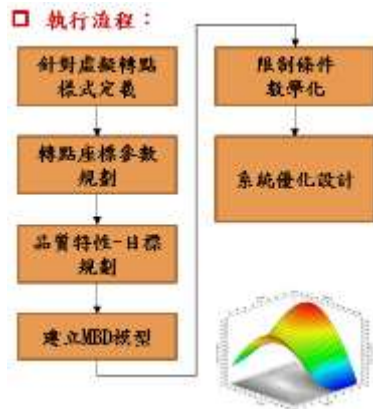


圖 17. 執行流程步驟

MATLAB 最佳化應用：

MATLAB 運算環境下，提供了經過驗證的一般最佳化和大規模最佳化演算法，能夠解決有限制條件或是沒有限制條件、連續及離散等問題。

求解最佳化問題的程序如下圖所示，包括三個階段(圖 18)：

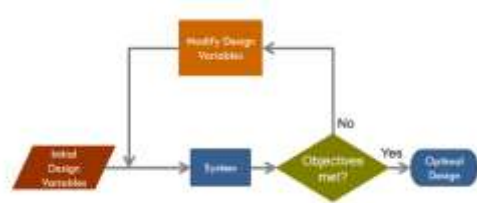


圖 18. 最佳化流程

#### a. 針對問題建立最佳化模型

以下舉例一式，本研究以與瞬心最小距離以最小為目標函數，並搭配限制條件，如：搜尋變數範圍、齒盤飛輪齒數與避震器全長距離為限制函數。實施步驟如下：

建立 1、2、3、4 點座標點之變數，如下圖所示：

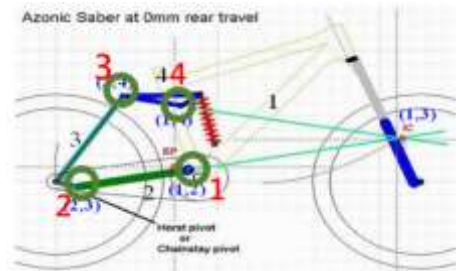


圖 19. 自行車架與瞬心

建立 1 與 4 點座標點為固定，2 與 3 座標點會依 Simscape Multibody 模擬時變動。由 1 與 2 座標點，以及 3 與 4 座標點可解出 2 條直線方程式。解出 2 條直線方程式之解，及交點，此即為瞬心 (IC)。再將已知兩圓心座標與半徑 ( $r_1$  與  $r_2$ ) 可求鍊條外切公線方程式，另求出瞬心 (IC) 到外切公線最短距離，此即為目標函式。

#### b. 最佳化演算法來求解最佳值，最佳化過程會根據運行系統中的訊息做出有

關如何修改設計變量的明智決策。在未達到目標的情況下修改設計變量的過程，此為一個閉環過程，反復運行，直到達到我們的目標為止。本計畫優化設計使用 MATLAB、Simscape Multibody、Symbolic Math Toolbox、Optimization Toolbox 與 Global Optimization Toolbox。首先，利用 Simscape Multibody 建置自行車車架，再使用 Optimization Toolbox 與 Global Optimization Toolbox 求解最佳解。

優化範例：

使用簡易 GUI 介面如下圖所示

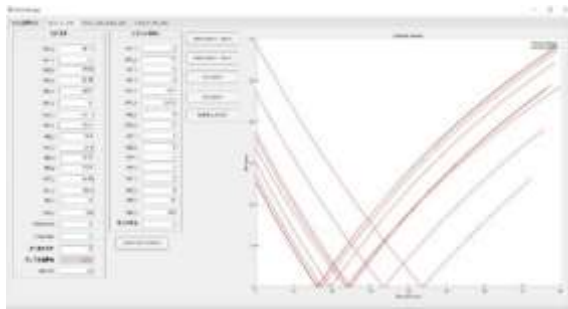


圖 20. 最佳化運算過程\_避震器壓量 VS 瞬心最短距離圖

對於本計畫的最後結果參數：

Input:

預計第 1 階段測試參數設定，4 個關節點，8 個參數， $X(1) \sim X(8)$ 。

Constrain:

避震器壓縮 15mm(位置)，以此點為最佳化瞬心轉點，大盤 32 齒、飛輪 21 齒，避震器全長 205mm，將變數搜尋範圍限制於變數  $\pm 30$ mm 內。

Object: 瞬心最短距離。

Input:  $X(1) \sim X(8)$

將下列參數定義為變數：

$bp1_x = -56.11; bp1_y = 51;$ (變數第 1 點)

$bp2_x = -369.53; bp2_y = -12.98;$ (變數第 2 點)

$bp4_x = -111.06; bp4_y = 255.54;$ (變數第 3 點)

$bp5_x = -6.8; bp5_y = 267.91;$ (變數第 4 點)

將下列參數定義為固定參數：

$bp3_x = -449.75; bp3_y = 15;$ (後叉端點)

$bp6_x = 45.36; bp6_y = 313.09;$ (避震器移動點)

$bp7_x = 34.88; bp7_y = 108.35;$ (避震器固定點)

原始瞬心圖(壓縮量約 55.4mm，瞬心距離約為 0.1mm)

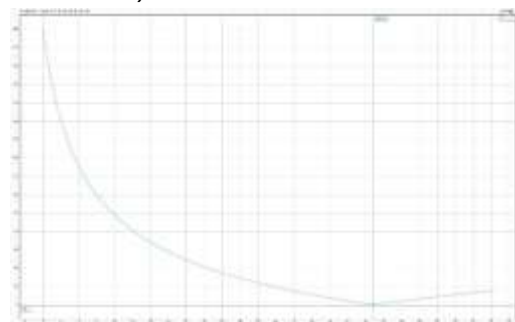


圖 21. 初始避震器壓量 VS 瞬心最短距離圖

經過最佳化演算運算

Output:  $X(1) \sim X(8);$

最終建議值為：

$bp1_x = -74.025; bp1_y = 24.76;$ (變數第 1 點)

bp2\_x = -392.92;bp2\_y = -56.96;(變數第 2 點)

bp4\_x = -136.66;bp4\_y = 290.79;(變數第 3 點)

bp5\_x = -31.42;bp5\_y = 239.87;(變數第 4 點)

最終瞬心圖(壓縮量約 25.0mm，瞬心距離約為 0.0mm) 完成瞬心優化設計。

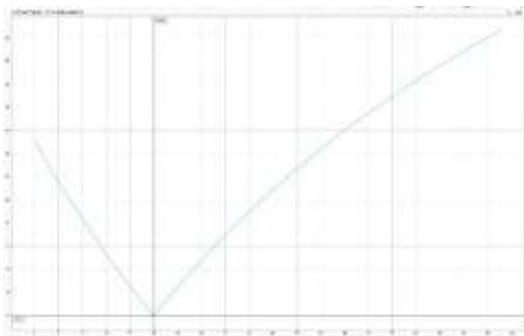


圖 22. 最終避震器壓量 VS 瞬心最短距離圖

經由中心優化程式計算後，在 sag 位置瞬心偏距 0.05mm，兩端偏距也大幅降低，力比值也控制在 3.3~2.6 與目標件相當，其特性圖如下。

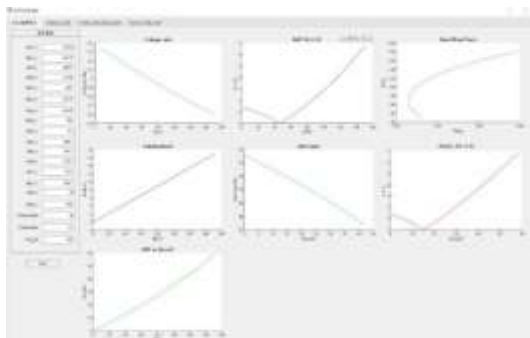


圖 23. 改善後避震特性

#### 四、結論

在此計劃範例中，最佳化是關鍵的一環，需要仔細考慮多變數因子的設計和限制條件。我們避免由於不當的限制與因子選擇而導致系統產生過不適合解的情況。

在最佳化過程中，我們將持續優化各項參數，以實現最佳的品質特性和性能，同時確保充分滿足客戶的具體需求。這包括平衡不同品質特性之間的關聯性，以綜合考慮整體系統的性能表現。

#### 五、參考文獻

1. <https://www.terasoft.com.tw/matlab-simulink/physical-modeling/model-multidomain-physical-system.html>
2. <https://www.newton.com.tw/wiki/%E7%9E%AC%E5%BF%83/9862768>
3. <https://cycling.biji.co/index.php?q=news&act=info&id=101345&subtitle=%E7%9F%A5%E8%AD%98%E7%9B%A4%E9%BB%9E%E7%99%BB%E5%B1%B1%E8%BB%8A%E7%9A%84%E9%81%BF%E9%9C%87%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E5%A6%82%E4%BD%95%E5%BD%B1%E9%9F%BF%E6%93%8D%E6%8E%A7%EF%BC%88%E4%B8%8A%EF%BC%89&label=>
4. <http://www.bike-mania.net/>
5. <https://www.pinkbike.com/news/definitions-what-is-anti-squat.html>
6. <https://cyclingtime.com/tw/documents/10646.html>
7. <https://polebicycles.com/what-is-anti-squat-and-pedal-kickback/>



# 中 置 配 套 振 動 分 析

本研究主要目的在研究中置配套振動分析的訊號分析方法，從時域分析、頻域分析到時頻分析，對於加速度峰值、RMS、波峰因數、標準差、快速傅立葉轉換(FFT)、功率頻譜密度(PSD)等做一個概略性說明與比較，意旨在讓讀者對於在時域與頻域的振動訊號分析有基本的概念與架構。

文/技研部 張偉庭 黃耀輝 #324

## 一、 研究背景

台灣自行車生產工業發展至今超過 50 多年，並且自行車廠商有高達 80% 位於中部地區，以中彰投為主要的生產製造中心，自行車生產廠商累積至 2023 年 12 月為止總共有產業廠家數為 986 家，自行車產業的總共就業人數為 42,000 人，並且自行車產業在 2023 年總產值約為 1,881.7 億元，人均產值 448 萬元。

依據經濟部國貿局及我國自行車輸出業同業公會資料統計資料顯示，2023 年我國自行車出口量約為 201 萬輛（自行車 132.4 萬輛、電動輔助自行車 68.6 萬輛），衰退 32.7%（自行車衰退 32.2%、電動輔助自行車衰退 33.7%），平均出口的 3 輛成車中，即有 1 輛為電動輔助自行車，整車總出口產值約為 25.9 億美元（自行車約 13.8 億美元、電動輔助自行車約 12.1 億美元），衰退 18.1%（自行車衰退 14.5%、電動輔助自行車衰退 21.9%），然而高值化發展顯著，自行車整車平均單價從 828.5 美元大幅成長至 1,045.2 美元，成長 26.2%，電動輔助自行車整車平均單價從 1,499.5 美元成長至 1,767.2 美元，成長 17.9%；零件部分出口值約 17 億美元，較去年度同期衰退 43.4%；整車與零件出口值合計約 43 億美元，較去年度同期衰退 30.4%。就全球自行車市場展望，未來電動輔助自行車仍是市場主流。

全球市場概況，在歐洲自行車協會 (CONEBI) 市場概況報告以及美國自行車經銷商協會 (NBDA) 報告資料指出 2023 年全球在高庫存、通膨及消費意願轉趨保守之重大因素影響下，自行車銷售狀況開始下滑。但在自行車基礎設施投資以及綠色經濟的推動下，消費需求仍保持一定動能。依據世界自行車工業協會 (WBIA) 2023 年市場報告指出 2022 年全球自行車與電動輔助自行車銷售量與銷售占比分別為亞洲 9,817.6 萬輛 (66.0%)、歐洲 2,092.1 萬輛 (14.1%)、北美 1,734.5 萬輛 (11.7%)、南美 855.2 萬輛 (5.7%)、非洲 250 萬輛 (1.7%) 及大洋洲 135.5 萬輛 (0.9%)，其中又以中國大陸 6,555 萬輛 (44.0%) 居首。中國大陸同時位居自行車產值、產量全球之首；我國在全球自行車產值位居第二名，高居全球高級自行車樞紐地位。

我國自行車產業以出口為主要導向，自行車整車出口平均單價歷年來逐年攀升，自從 2016~2017 年的平均售價在 502~560 美元之間，到了 2018 年起自行車整車出口平均售價已經可以提升到 600 美元以上，近 10 年之間的平均年增率為 10.2%，截至去年在 2023 年自行車出口平均單價已經可以達到 1,045.2 美元。

電動輔助自行車整車出口平均單價均自 2014 年起開始有一線性的穩定成長，自從 2016 年因為電池技術的大幅技術演進，電動輔助自行車整車出口平均單價首破千美元。



2023 年電動輔助自行車整車出口平均單價已成長至 1,767.2 美元，較 2022 年成長 17.9%。目前電動輔助自行車為國際市場上重要的主流驅動產品，依據歐盟統計局(Eurostat)資料統計，2023 年歐盟進口電動輔助自行車約 86.5 萬輛，我國出口到歐洲的電動輔助自行車約 40.3 萬輛，約占歐盟總進口量 46.60%，為歐盟電動輔助自行車第一大進口國。

歐盟市場 2023 年受到高庫存水位及通膨因素等影響，我國出口到歐盟的自行車與電動輔助自行車總量為 79.2 萬輛（自行車 38.5 萬輛、電動輔助自行車 40.7 萬輛），衰退 31%（自行車衰退 26.9%、電動輔助自行車衰退 34.5%）；出口值為 10.2 億美元（自行車 3.7 億美元、電動輔助自行車 6.5 億美元），衰退 10.6%（自行車成長 6.8%、電動輔助自行車衰退 18.3%）。在平均單價部份，一般自行車已達 971 美元，成長 46%；電動輔助自行車已達 1,588.4 美元，成長 24.8%。根據歐洲自行車協會(CONEBI)的報告，近年來傳統自行車與電動輔助自行車在歐洲的銷售情況，預測從 2020 年至 2023 年，全球自行車的銷售量將超過 1.3 億輛，並預測未來五年內電動輔助自行車將占歐洲總自行車銷售的一半，即年銷售在歐洲將超過 3,000 萬輛電動輔助自行車，成長約 47%，2025 年之後預計電動輔助自行車市場規模將成長 3 倍。

美國市場為我國自行車主要出口國，因嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情，紐約市暫時開放 100 英里路段給行人和自行車騎士，以及對中國大陸進口之自行車課徵 25%稅額，使自行車市場需求量逐漸暴增。自 2020 年 3 月嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情之前，美國自行車完全仰賴進口，銷售的自行車高達

95%來自於中國大陸進口，根據統計 2020 年~2022 年總進口量分別為 1,793.5 萬輛，2,050.4 萬輛及 1,340 萬輛，前三大進口來源國分別為中國大陸、我國及柬埔寨。截至去年 2023 年我國自行車輸美自行車與電動輔助自行車總量為 58.2 萬輛（自行車 44 萬輛、電動輔助自行車 14.2 萬輛），衰退 44.8%（自行車衰退 45.4%、電動輔助自行車衰退 42.8%）；出口值為 7.7 億美元（自行車 4.6 億美元、電動輔助自行車 3.1 億美元），衰退 32%（自行車衰退 32.6%、電動輔助自行車衰退 31.1%）。在平均單價部份，一般自行車已達 1,045 美元，成長 26.16%；電動輔助自行車已達 1,767 美元，成長 17.85%。因此依據以上對於 2023 年台灣自行車業出口產值可以得知，電動輔助自行車在目前現今市場上面越來越走向高附加價值的產品，所以在三電系統整合與馬達減速機的設計振動量測就會顯得額外的重要。

振動訊號量測試機械旋轉設備中應用最為廣泛與成熟的方法，可以藉由振動訊號判別可能的故障位置和情況，所以基於振動訊號處理與特徵提取可以廣義地分成三大類，分別是時域分析、頻域分析與時頻分析。

時域分析的參數指標有峰值、均方根值、峰度等，這些參數是原始振動訊號在時域上的特徵訊息，也是最初發展的故障分類和診斷理論。對於齒輪傳動機構，在正常齒輪與故障齒輪會表現出不同的特徵，其參數值也會有所不同，透過比較可以對齒輪傳動機構有初步的故障分類與診斷。Skrimpa 等人則提出有關殘餘訊號的特徵提取，用於對齒輪箱行星齒輪做故障偵測。時域同步平均主要是用來提取訊號週期的成分，降低非零件的週期和雜訊成分，



用於訊號前處理，自從 1989 年 McFadden 提出基礎理論後，現今也常用於分析機械旋轉設備。經驗模態分解是由黃鐸先生等人於 1998 年所提出，該方法依據自身的時間尺度來進行信號分解，無須預先設定任何的基函數，所分解的各分量包含了不同時間尺度的局部特徵訊號，是用於非線性、非平穩性的訊號解析。時域分析方法實行上比較直觀，但是往往只能夠用於判斷故障是否存在和機構故障嚴重程度，比較難以判斷故障位置與故障的種類類型。

頻域分析從一開始的傅立葉轉換為基礎進行分析、將訊號由時域轉換成頻域分析，分解成不同頻率的正弦波的疊加，並且檢視分析其組成的成分因素，進而可以反映出機械設備的狀況。頻域分析常用功率頻譜分析、倒頻譜分析和包絡線頻譜等進行進階分析。功率譜分析能夠顯示出頻率的主要成分如齒輪箱的嚙合頻率和諧波，減少隨機振動訊號的成分、倒頻譜分析由 Bogert 等人於 1963 年提出相關方法與理論，對於分析訊號的頻譜取對數值再進行反傅立葉轉換，可以檢測出複雜頻譜之中的週期分量。包絡線頻譜分析則是對訊號的解調分析，軸承因為元件的衝擊造成的低頻訊號，會與結構共振產生振幅調變的現象，進而導致頻率能量被轉移至高頻區間，如果是直接對於訊號做頻譜分析，則會因為軸承的故障特徵往往會耦合在高頻訊號之中而難以辨別，所以透過包絡線頻譜分析，可以對於軸承進行故障診斷。頻域分析相較於時域分析，不但可以能辨別機器故障與否，更能夠判斷故障類型與位置，其頻域分析的結果顯示會比較貼近於實際的故障情況，但是其缺點是傅立葉轉換並不適用於非平穩訊號，並且無法得知訊號局部的時域特徵，

對於複雜的旋轉機械設備，可能會無法適時的判斷其故障情況。

時頻分析是兼顧時域與頻域的特徵因素，在時域、頻域分析之後逐漸發展，是近期比較多討論的分析方法。短時傅立葉轉換是傅立葉轉換的一種變形，給予一個不為零、固定的窗函數，將量測訊號乘上窗函數再進行一維傅立葉轉換，接著將窗函數沿著時間軸挪移，將訊號分成數個較短的等長訊號，最後得到一系列的傅立葉轉換的二維結果，分別描繪訊號在時域與頻域上的變化。由黃鐸先生等人所提出的希爾伯特-黃轉換，是將訊號藉由經驗模態分解後接著做希爾伯特轉換分析，因此不需要經過傅立葉轉換，可以減少大量的運算，適用於非平穩線性與非線性的訊號分析，近年來被廣泛的應用在各個領域。小波理論的概念最早是由 Haar 於 1911 年所提出，1984 年 Grossmann 及 Morlet 發表了小波函數轉換法，提出基於時間訊號的頻率分析，稱之為小波轉換或是連續小波轉換，在 1989 年 Mallat 提出多尺度分析，又稱為離散小波轉換，其基於母小波訊號分解與重建的理論基礎，並且提供了一種快速、簡單的算法。小波轉換是透過選定的母小波，利用母小波的伸縮與平移匹配輸入的訊號，對訊號的局部時間的頻率訊息進行分析。小波分析在近年來也逐漸進行了討論與應用，除了承襲短時傅立葉轉換的優點之外，也同時有自適應窗函數的優點，解決了僅能解析單一時域或是單一頻域的問題，同時在時頻域具有自適應的解析度，在基於振動訊號的旋轉機器設備故障分類和診斷有著廣泛的應用。所以以下將會對於幾個振動量測解析的訊號(加速峰值、加速度 RMS、波峰因數、標準差、傅立葉轉換、階次

分析、瀑布圖分析、頻譜分析、功率譜密度分析 PSD)做一個初步的介紹與解析。

## 二、 研究方法[1][2][3]

工程人員量測振動信號可能知道如何在時域或頻域中進行定性或是定量的解析分析，但是這需要人工手動查看信號並且自己進行分析，所以在長時間監測振動並且蒐集振動訊號，可以用來探討許多不同的信號在時域、頻域與時頻域分析之中有何不同之處與可以用來評斷機器振動好壞的關係，以下將會介紹幾種常用的指標(加速峰值、加速度 RMS、波峰因數、標準差、傅立葉轉換、階次分析、瀑布圖分析、頻譜分析、功率譜密度分析 PSD)作為評斷機器振動與故障的不同與好壞。以下將使用軸承在正常和故障條件下的一些真實振動數據，將其量化為以下幾種不同的振動指標，以幫助我們進行分析並允許長期監控。

### 加速度峰值、RMS、波峰因數和標準差

表 1.數值比較表

數據集	加速度 峰值 (g)	RMS 加 速度值 (g)	波峰因 數	標準差 (g)
Fault_021	1.038	0.199	5.222	0.198
Fault_014	1.339	0.158	8.484	0.158
Fault_007	0.650	0.121	5.361	0.121
正常	0.269	0.066	4.081	0.065

#### 加速度峰值

最容易查看和計算的指標是加速度峰值。但是首先要找到數據的絕對值，然後抓取峰值，這樣就不會錯過任何顯著的正加速度與負加速度峰值。峰值加速可能很容易，但往往具有很大的誤導性。從表 1 中可以看出，儘管故障的顯著性和峰值加速度之間存在一些相關性，

但並不是完美的相關性。峰值加速度值可能過於依賴於採樣與數據對齊的耦合性，這就表示，當有多個信號相互比較時，採樣率或低通濾波器的任何差異都會使峰值加速度之間的比較變得不合適，甚至比正常情況更具誤導性。所以在運行狀況監控中使用加速度峰值來當作參考依據這需要其他的數據做為輔助判斷。

#### RMS 加速度值

RMS 加速度值是各個數值平方加總之後平均值的平方根。這是一個較為入門的計算：對每個加速度值進行平方，得到所有這些值的平均值，然後取它的平方根。RMS 加速度值會比峰值更佳的具有參考性，因為 RMS 加速度值它與採樣率無關，RMS 加速度值它可以更準確地比較兩個信號的振動水準。RMS 加速度值也更有可能是與振動能量相關(但是能量確定與速度 RM 最密切相關，而不是加速度)，另外 RMS 加速度值的另一個衍生訊號分析可以根據信號的功率頻譜密度進行計算來做為解析。一般來說，RMS 加速度值在一般機械振動量測被普遍使用的量測分析手法，也是振動健康監測的有用指標。

#### 波峰因數

波峰因數只是峰值加速度值與 RMS 加速度值的比值，因此它是無因次單位的。波峰因素它定義了信號的「峰值」程度。方波的波峰因數可能為 1，而偶爾發生衝擊事件的信號可能具有非常高的波峰因數。但是隨著波峰因數的增加，它往往是軸承失效的指標，但正如在表 1 四個信號中可以看出的那樣，但這並不是一個最終的指標(因為峰值加速度的問題)。因此波峰因素是隨著時間推移進行跟蹤，著重的重點在於查看趨勢而不是單個值以進行振動健

康監測，波峰係數可以作為磨損的早期指標。  
標準差

標準差是定義信號變化量的統計指標。標準差與 RMS 加速度值的匹配程度，有一些關於標準差的優點，不受直流偏置的影響、易於計算、易於概念化。因此標準偏差與直流偏置無關，這一事實，在測量和監測振動時非常有價值，標準差它實際上是 RMS 加速度值的交流耦合的數據分析。

### 快速傅立葉變換 (FFT)

任何波形實際上可以拆解成不同頻率、振幅和相位的簡單正弦曲線的總和疊加。傅立葉級數是正弦波的拆解，所以使用傅立葉分析或頻譜分析將信號解構為各種不同的正弦波分量。結果是加速度值與振動幅度與頻率的函數關係，這使得能夠在頻域（或頻譜）中進行分析，以更深入地了解振動曲線。所以目前大多數振動分析通常在頻域內進行。傅立葉分析的工作原理是測試每個頻率分量的存在。離散傅立葉變換 (DFT) 是將原始波形乘以離散頻率的正弦波，以確定確保它們是否能相互匹配和它們所對應的幅度和相位是多少。快速傅立葉變換 (FFT) 只是使用更有效更節省運算時間的演算法之離散傅立葉變換(DFT)，快速傅立葉變換 (FFT) 演算法利用正弦波中的對稱性來做為加速演算法的基礎。快速傅立葉變換 (FFT) 需要一定冪次的信號長度進行變換，並將該過程拆分為 2 的訊號解析度且利用這些對稱性大大提高處理速度;如果 N 是信號的長度，則離散傅立葉變換(DFT)需要 N 的平方次操作，而快速傅立葉變換(FFT)只需要  $N \cdot \log_2(N)$  次操作。例如，我們取信號長度為 1024 ( $2^{10}$ )；離散傅立葉變換(DFT)需要 1,048,576 次操作，但是計

算效率更高的快速傅立葉變換(FFT)只需要 10,240 次操作。所以當擷取頻率為信號長度為 2 的冪次時，快速傅立葉變換(FFT)的執行時間會最快。

作為傅立葉變換的一部分測試的離散頻率數與原始波形中的樣本數成正比。其中 N 是信號的長度，則頻率線或條柱的數量等於  $N/2$ 。這些頻率尺度以等於原始波形的採樣率 ( $F_s$ ) 除以樣本數 (N) 的間隔 ( $\Delta f$ ) 出現，這是頻率解析度等於總採集時間 (T) 的倒數的另一種說法。要提高頻率解析度，必須延長錄製時間。所以當量測振動測試的最低頻率為 0 Hz，最低擷取頻率為奈奎斯特頻率 ( $F_s/2$ )，能在最少的擷取頻率之下有足夠的點來描繪接近真實訊號波形。

### 正弦波和快速傅立葉變換(FFT)

我們建構三個不同的頻率分量組成：22Hz、60Hz 和 100Hz 的波形。頻率的振幅分別為 1g、2g 和 1.5g。圖 1 顯示當擷取頻率的多寡會對於信號長度如何影響快速傅立葉變換(FFT)的頻率解析度。

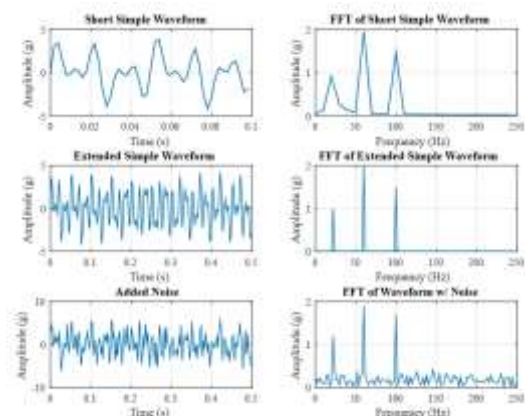


圖 1.快速傅立葉變換(FFT)示例

如果以 500 Hz 的速率 (每秒 500 個樣本) 對於量測波形進行採樣(擷取頻率)，並對前 50 個

樣本進行快速傅立葉變換(FFT)，由於我們的頻寬為 10Hz ( $F_s$  為 500 除以 50)，因此會得到一個非常鋸齒狀的快速傅立葉變換(FFT)。這些頻率分量的振幅也有點低。但是，如果將範圍擴展到前 250 個樣本，如圖 1 所示，則快速傅立葉變換(FFT)能夠準確計算各個正弦波分量的頻率和幅度。

### 功率頻譜密度 (PSD)

現實世界中的許多振動，尤其是在運輸過程中，可以稱為「隨機」振動，因為它是同時以多個頻率的運動。快速傅立葉變換(FFT)在主頻率分量有限的情況下可以適合做振動訊號分析。但功率頻譜密度 (PSD) 最主要用於隨機振動信號分析。功率頻譜密度 (PSD) 的計算方法是將快速傅立葉變換(FFT)中的每個頻率頻寬乘以其共軛複數，從而得出加速度平方值之中分析出的唯一隨機的振幅頻譜。功率頻譜密度 (PSD) 在隨機振動分析方面比快速傅立葉變換(FFT)更有用的關鍵是，該振幅值隨機發生振動後被正交化為頻率寬度，以獲得  $g^2/Hz$  的量測單位。通過對結果進行正交化，做功率頻譜密度 (PSD) 擺脫了對於頻譜寬度的依賴，因此可以藉由訊號分析由功率頻譜密度 (PSD) 比較不同長度信號的隨機振動水準來做為分析比較說明。功率頻譜密度 (PSD) 中的紅線是振動器試圖將信號保持在其中的輸入誤差範圍。如下圖 2 所見，不同信號長度的功率頻譜密度 (PSD) 只是充滿了這個紅線之內的固定區域，但幅度總體上沒有變化。然而，快速傅立葉變換(FFT)幅度會隨著頻寬的增加而向下移動。功率頻譜密度 (PSD) 幅度不會偏移，因為它正交化為頻率箱寬度。功率頻譜密度 (PSD)

計算中發生的這種正交化使其更易於用於分析隨機振動信號。

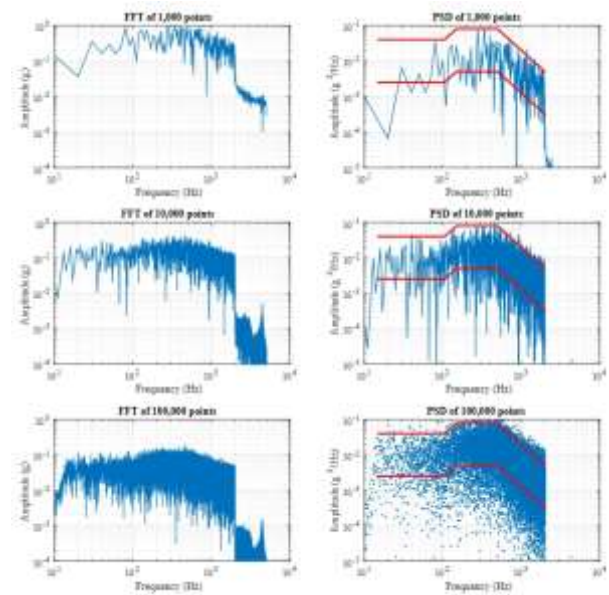


圖 2. 功率頻譜密度 (PSD) 示例

### 三、 旋轉機械的振動分析

以下示例說明齒輪的振動信號如何使用時間同步平均和包絡線譜分析。這些功能在齒輪的預測性維護中特別有用，齒輪組件包含多個旋轉部件：齒輪、軸和軸承。時間同步平均用於隔離與特定軸或齒輪相關的振動訊號，並平均所有其他振動訊號。包絡線譜在識別引起高頻衝擊的局部軸承故障方面特別有用。

考慮一個理想化的齒輪，它由 13 齒小齒輪和 35 齒齒輪組成。小齒輪與連接到輸入源的輸入軸相連，齒輪連接到輸出軸。軸由齒輪箱殼體上的滾子軸承支撐。加速度計以 20 kHz 的擷取頻率做為振動量測。小齒輪以一定速率旋轉  $f_{\text{齒輪}} = 22.5 \text{ Hz}$  或 1350 rpm。齒嚙合頻率，也稱為齒輪嚙合頻率，是齒輪和小齒輪齒週期性嚙合的速率。小齒輪和齒輪的振動波形如下圖 3。將振動建模為在主軸齒輪嚙合頻率下發生的

正弦波。分析 20 秒的振動數據。齒輪嚙合波形負責傳輸負載，因此具有最高的振動幅度。

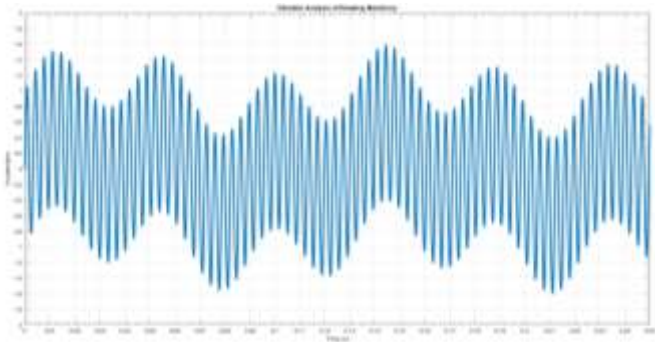


圖 3.小齒輪和齒輪的振動波形

產生由齒輪齒局部故障引起的高頻衝擊。假設齒輪的一個齒存在局部故障，例如剝落。這導致齒輪每旋轉一次就會發生一次高頻衝擊。局部故障引起的衝擊持續時間短於齒網的持續時間。齒輪齒面上的凹痕會在撞擊期間產生高頻振蕩。撞擊的頻率取決於齒輪部件的特性及其固有頻率。在此示例中，可以任意假設撞擊會引起 2 kHz 的振動信號，並且持續時間約為 8%或 0.25 毫秒。齒輪每旋轉一次，衝擊就會重複一次。碰撞位置在故障齒輪的圖上用倒置的紅色三角形表示。它們幾乎無法區分(如下圖 4 所表示)。

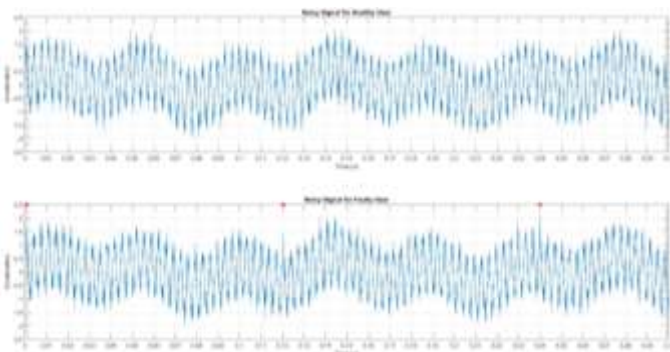


圖 4.正常齒輪與故障齒輪訊號比較圖

計算健康和故障齒輪的頻譜。指定一個頻率範圍，包括 8.35 Hz 和 22.5 Hz 的軸頻率以

及 292.5Hz 的齒輪嚙合頻率。繪製光譜圖。由於故障出在齒輪上，而不是小齒輪上，因此預計邊帶會出現  $f(\text{sideband})$ 和  $f(\text{Gear})$ 並間隔在光譜上分開。光譜顯示預期峰值。然而，信號中雜訊的存在讓  $f(\text{sideband})$ 達到峰值齒輪區分(如下圖 5 所表示)。

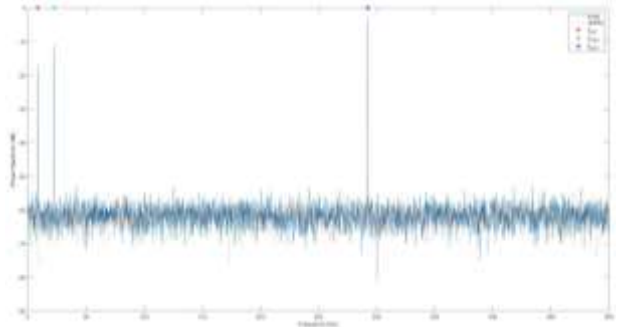


圖 5. $f(\text{sideband})$ 和  $f(\text{Gear})$ 之頻譜圖

以下將要使用對輸出振動信號應用時間同步平均，上述如圖 5 很難分離齒輪邊帶處的峰值， $f(\text{sideband})$ 和  $f(\text{Gear})$ ，上圖 5 展示了分離峰和確定小齒輪或齒輪是否受到故障影響的困難。以下將要使用時間同步平均法平均出零均值隨機雜訊以及與特定軸的頻率無關的任何波形。時間同步平均法使得故障檢測過程更容易。使用該函數為小齒輪和齒輪生成時間同步波形。指定小齒輪的時間同步脈衝，計算小齒輪旋轉 10 圈的時間同步平均值。齒輪的時間同步平均信號相對容易看到這種差異，而小齒輪軸則平均了這種影響。在圖上用標記指示的撞擊位置比相鄰的齒輪網格峰值具有更高的振幅(如下圖 6 所表示)。

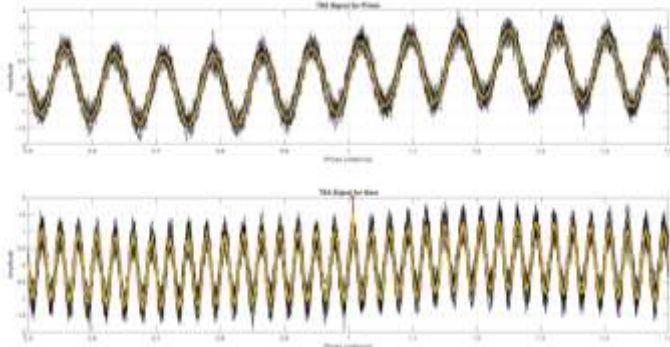


圖 6.時間同步平均法

時間同步平均信號的功率譜計算齒輪信號。指定一個頻率範圍，該頻率範圍涵蓋齒輪嚙合頻率 292.5Hz 兩側的 15 個齒輪邊帶。原始信號的功率譜包含來自兩個不同軸的波形以及雜訊。邊帶諧波很難區分。但是，在時間同步平均齒輪信號頻譜上觀察邊帶位置的突出峰值和觀察邊帶幅度的不均勻性，這是齒輪局部故障的指標。另一方面，時間同步平均小齒輪信號的頻譜中沒有邊帶峰值。這有助於我們得出結論，小齒輪可能是健康的。

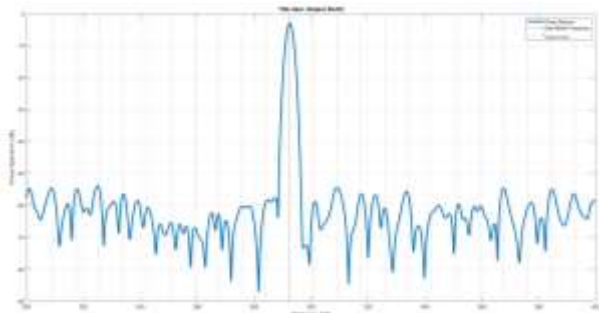


圖 7. 292.5Hz 與兩側的齒輪邊帶的關係

通過對於不相關的波形進行平均，該功能有助於通過查看邊帶諧波來識別故障齒輪。當需要從具有多個軸、齒輪與單個軸相對應的振動信號時，此方法特別有用(如圖 7、圖 8)在主要頻率 292.5Hz 與兩側的齒輪邊帶的關係。

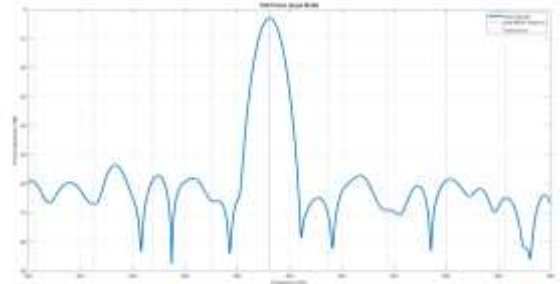


圖 8.292.5Hz 與兩側的齒輪邊帶的關係局部放大

#### 四、旋轉機械振動分析實例

針對一旋轉機械內，齒輪嚙合狀態的振動情形進行分析討論，以自行車之中置馬達配套系統做為示例，透過更換內部齒輪進行測試，以故障齒輪取代正常齒輪，調整一組齒輪對之間的嚙合運作情形，使得馬達運作時，兩齒面接觸傳遞因其中局部缺陷，從而導致產生高頻的振動。

如圖 9 所示，將旋轉機械剛性鎖固於結構件上，透過擷取設備及加速度感測器進行多個點位的振動訊號擷取，以量測出由缺陷齒輪運轉所造成之振動，主要量測點佈點在各個齒輪心軸位置及馬達周邊位置之方向。



圖 9. 旋轉機械測試示意圖

可由圖 10 與圖 11 觀察到藍色為一般正常運轉之齒輪訊號，紅色部分為更換相同齒輪參數之故障齒輪所量測到之振動訊號，在點位 1 時不僅一般運轉之頻率偏移，且產生許多大於 600Hz 以上之高頻率訊號，明顯由齒輪之缺陷，在嚙合齒面接觸時產生之高頻振動，而在點為二更加明顯，甚至於原先之振動特徵頻率位置，有更為劇烈的震盪。

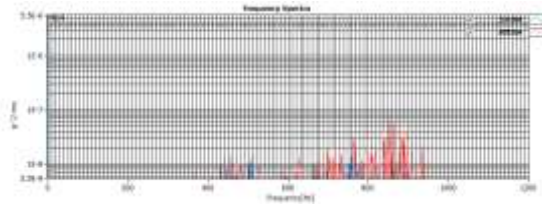


圖 10. 故障與一般齒輪振動訊號比對(點位 1)

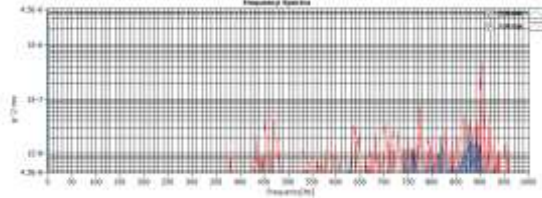


圖 11. 故障與一般齒輪振動訊號比對(點位 2)

另外，TFA 時域分析圖上也明顯顯示一般齒輪與故障齒輪之差異，如圖 12、圖 13 所示，明顯自 400Hz 在此擷取頻率與擷取時長的條件下，除了明顯在 900Hz 有最高之頻率訊號，也能在時域軸看到穩定且有規律之振動頻率訊號。

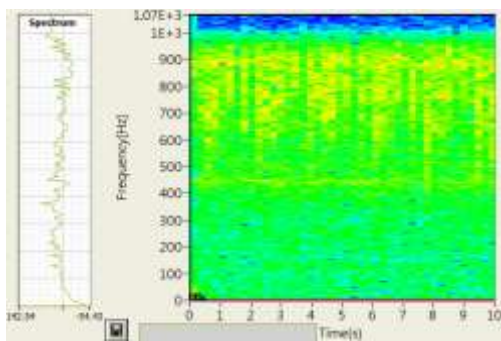


圖 12. 一般齒輪 TFA 圖

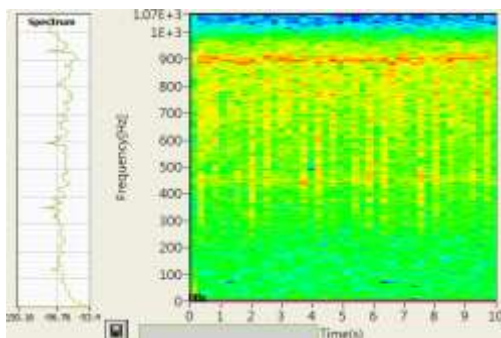


圖 13. 故障齒輪 TFA 圖

## 五、 結論

快速傅立葉變換 (FFT) 是一種用於計算離散傅立葉變換 (DFT) 的有效演算法。此傅立葉變換將振動幅度輸出為頻率的函數，以便

我們可以瞭解引起振動的原因。快速傅立葉變換 (FFT) 中的頻率解析度與信號長度和採樣率成正比。為了提高解析度，必須延長錄製時間，才能完整的紀錄與分析藉由快速傅立葉變換 (FFT) 做振動訊號分析。頻譜圖採用一系列快速傅立葉變換 (FFT) 並將它們重疊，以說明頻譜 (頻域) 如何隨時間變化。如何在不斷變化的環境中進行振動分析，頻譜圖可以成為準確說明振動頻譜如何變化的強大工具。功率頻譜密度 (PSD) 將快速傅立葉變換 (FFT) 的幅度乘以共軛複數，並將其正交化為頻譜寬度。這樣可以準確比較具有不同信號長度的隨機振動信號。

## 參考資料

- [1] Cesar Perez Lopez, 2014, MATLAB Graphical Programming: Practical Hands-on MATLAB Solutions, Springer, New York.
- [2] Davis T., 2010, MATLAB Primer, CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- [3] Dmitri Nesteruk, 2014, MATLAB Succinctly, Syncfusion Inc., U.S.A

# 馬達與控制器的應用

近年來因為日新月異的科技，想以自行車代步的民眾除了傳統無電機的自行車外，還多了具有馬達、能夠使騎乘過程更加輕鬆的電動輔助自行車可選擇。然而，相同規格之下電動輔助自行車較傳統自行車昂貴，一旦碰到下雨便只能淪為昂貴的室內擺設，這對於部分消費者而言是足以讓他們放棄使用自行車通勤的理由。因此本研究提出一個可使原本只能在戶外使用的電動輔助自行車在室內只要使用駐車架架起也能夠搖身一變成為室內訓練器材的方法，以下將分為緒論、研究方法、研究結果及結論說明。

文/創設部 陳星宇 #815

## 緒論：

一台電動輔助自行車中一定會有的部件有三項：電池、馬達、控制器，這三個部件通常會被合稱為三電系統。

其中電池至少會提供控制器及馬達的電力來源，而馬達則是扮演在行進間提供輔助力，能夠使騎乘者在路途中用更少的體力走更長遠的路，提升整體的舒適度。控制器則是比較用來控制、調整馬達輸出的部件，除了透過本身的計算去控制馬達的輔助功率外，也可以根據外部指令來調整。

由於數位電路只能輸出高電位（1）及低電位（0），需透過 Pulse-width modulation（脈波寬度調變，PWM）的方式改變與馬達連接的訊號線高電位的時間占比，達到調整馬達輸出功率的目的。

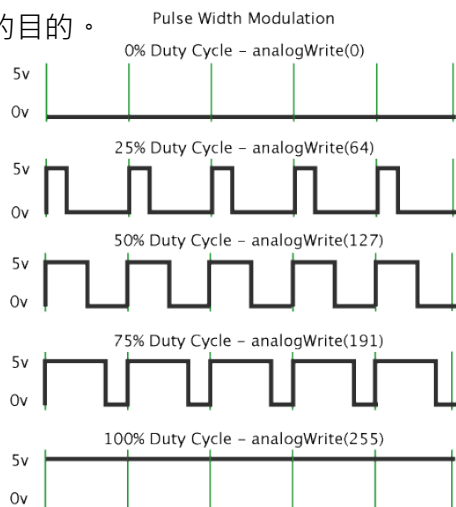


圖 1 PWM 原理

圖 1 為 PWM 在 0%、25%、50%、75% 及 100% 時輸出的脈衝寬度。當 Duty Cycle 為 50% 時，馬達功率輸出為輸出總功率的 50%，Duty Cycle 為 75% 時，馬達功率輸出為輸出總功率的 75%。

而控制器、馬達除了在行進間透過順向轉動提供輔助力使騎乘者更加輕鬆以外，也能夠在特定情形下，如下坡時變身為發電機，透過內部的磁鐵跟線圈產生的阻力達到減速及回收電能的效果。

除了上述提供輔助力及產生阻力回收電能的應用外，前面提到過控制器可以透過接收外部指令進行馬達調控，又因電輔車本身較傳統自行車昂貴，一旦遇到下雨便只能淪為室內擺設十分可惜，因此本次研究將著重於使用具 BLE 功能的外部部件與市售 APP 連結，再透過有線傳輸方式下達指令給控制器，達到由 APP 控制馬達輸出的目的，使電輔自行車能夠在室內時可成為室內健身車，不單單只是昂貴的擺設。

## 研究方法：

參考目前市面上已成熟的產品後可發現，一台具有 BLE 功能的飛輪或室內訓練台除了能夠將踏頻、功率、車速等資訊透過 FTMS Service 傳送給 APP 外，還能夠在騎乘過程中從 APP 端傳送坡度、風速、路面阻力係數等資訊回來，使飛輪或室內訓練台能夠用這些參數

計算並產生當下騎乘時應該要有的阻力值，因此此次研究所選用的電輔車勢必得使用本身具有透過馬達產生阻力功能的車種。

整體的資訊流大致如圖 2，感測器會將接收到的資訊傳送給 BLE 部件，並轉發至 APP 端，接著 APP 端會根據功率、踏頻、及速度計算車輛目前行進至地圖的什麼位置，再根據當下的地形回傳阻力係數給 BLE 部件，由部件計算完所需阻力後再將數值傳送給控制器，使控制器調整馬達的阻力輸出。

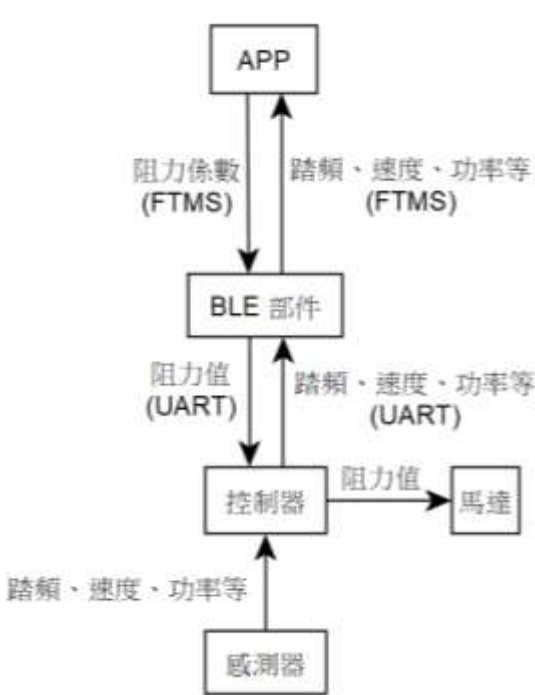


圖 2 資訊流

為了能夠從 APP 端接收坡度、風速、路面阻力係數等阻力係數，需要使用到 FTM Service 中的 Control Point Characteristic，APP 端在下達指令時使用的封包格式如表 1。

	Op Code	Parameter
類型	U8	根據變數而定
Byte 數	1	0~18

表 1 APP 端發送

藍牙聯盟定義的 Control Point Op Code 多達 22 種，不過此次研究中只會使用到表 2 中的 Request Control、Reset、Stop/Pause、Start/Resume 跟 Set bike simulation parameters 這幾種。

Op Code	Definition
0x00	Request Control
0x01	Reset
0x07	Start/Resume
0x08	Stop/Pause
0x11	Set indoor bike simulation parameters

表 2 Op Code 定義

而不同 Op code 後面的 Parameter 也會不同，定義如表 3。

Op Code	Parameter
0x00	N/A
0x01	N/A
0x07	N/A
0x08	0x01:Stop 0x02:Pause

表 3 參數內容

由於 0x11 的參數內容較多，考慮到排版問題，因此獨立於表 4 中列出。

參數內容	風速	坡度	路面阻力係數	風阻係數
類型	U16	U16	U16	U16
Byte 數	2	2	2	2

表 4 0x11 參數

APP 端在剛開始運動模式時，會先發送 0x00 的指令給 BLE 設備，確保 BLE 設備可以被後續指令控制。而 BLE 設備在接收到指令時也會根據不同的 Op Code 及接收後的動作成功與否送出回應，使 APP 端能夠判斷是否需重送指令或是指令不相容。

一般而言在外面實際騎乘時會感受到在相同坡度下，不同檔位時所產生的阻力也會有所差異。

由於騎乘時感受到的阻力除了使用 APP 從 BLE 傳送的參數計算外，還受到踏頻、車速、齒輪比、正面投影面積以及騎乘者體重這些因素影響，因此還需要透過 UART 從控制器取得車身資訊來進行阻力計算。

然而，因為選用的電動輔助自行車本身沒有檔位感測的功能，所以必須透過前齒盤的轉速及後齒盤轉速的比例關係去換算出來，因此在實作時需將車速除上輪徑取得後輪的迴轉速後，再將踏頻除以後輪的迴轉速，才能夠得到齒輪比，公式如下：

$$\text{齒輪比} = \text{踏頻} \div (\text{車速} \div \text{輪徑})$$

騎乘者體重的部分則是使用藍牙聯盟已有定義的 User Data Service 及其下的 weight Characteristic 接收從手機或 APP 傳來的設定值。

正面投影面積需要透過座管角度、軀幹角度、體重這三項數值計算得出。奇種體重的部分前面有提到是由 User Data Service 下的 Characteristic 接收，然而計算正面投影面積所需的參數在現行的 BLE UUID 並沒有定義，因此本次研究中使用自定義的 16 bit UUID 供接收參數的 Service 及 Characteristic 使用。

MCU 以這些數據做為基礎將當下騎乘者應該感受到的阻力計算完畢後，會透過 UART 將阻力值傳送給控制器，使控制器能夠根據

阻力值對馬達進行調控。

而控制器之所以能夠控制阻力大小的原因則是與馬達內部的設計有關。

馬達內部是由磁鐵及許多線圈構成，能夠轉動是因為透過控制器輪流改變內部各相位電磁鐵的磁力線方向，使轉子上的磁鐵轉動。

當控制器沒有把線圈變成電磁鐵——也就是非輔助模式時，一旦轉子因外力轉動，馬達中的線圈就會因為法拉第定律產生感應電動勢，如圖 3，同時產生阻力。

感應電動勢的公式如下：

$$\varepsilon = -N \times \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$\varepsilon$  為產生的電動勢，單位為伏特， $N$  為線圈圈數， $\Phi_B$  則是通過線圈的磁通量，單位為偉伯。

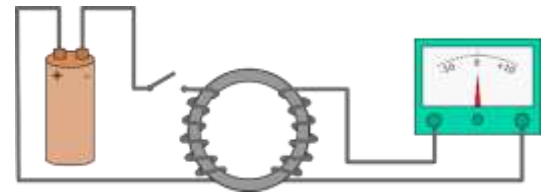


圖 3 感應電動勢示意圖

因此，電動輔助自行車的電池便能夠在這個模式下產生阻力以及達到對電池充電，進行動能回收的目的。

BLE 裝置硬體的部分規劃成具有可供判讀當下狀態的 LED 燈，可參考圖 4。當 LED 為紅色時代表裝置與電動輔助自行車的控制器通訊失敗且無與 APP 連接，LED 為綠色時為與控制器有通訊但無與 APP 連接，LED 呈現藍綠色時則是代表裝置同時與電動輔助自行車的控制器及 APP 通訊中。



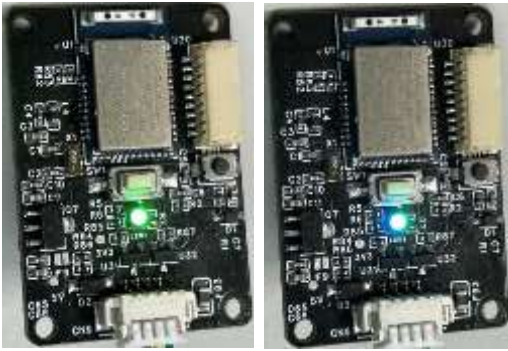


圖 4LED 意義

圖 5 為 BLE 裝置裝上外殼後安裝於座桿下方的樣子，外殼使用透明材料進行 3D 列印製作，方便狀態指示燈光能夠穿透外殼，方便騎乘者辨識當下裝置是否有連上控制器及 APP。



圖 5BLE 裝置安裝於電輔車上

不過，即使能夠計算出阻力值並且對控制器下指令、產生阻力，仍然需要驗證當下產生的阻力是否與目標數值一致，因此接下來會說明驗證的方式。

首先，需要將市售的功率踏板安裝至電動輔助自行車上，接著將車身架起並開始騎乘，觀察並比對功率踏板及控制器所送出的功率資訊是否一致。

圖 6 為將數據圖形化後的結果，橙色線條

為控制器傳出的數據，而藍色線條為功率踏板傳出的數據。

可看到功率踏板的功率呈現相對穩定的變化，而控制器傳出的功率則是明顯的上下震盪。

對此我推論控制器傳出的功率震盪最低值可能是因為感測器取樣的時間點剛好是在踏板位於慣性位置的時間，而最高值的時間點則是踏板位於發力位置的時間所造成的。

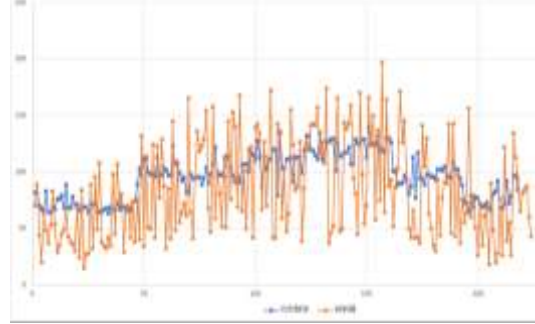


圖 6 功率比對

為了解決數據震盪且不要失去變化曲線，在數據處理上決定使用移動平均來消除震盪的問題。

根據定義，移動平均是在有限的數列中不斷加入新的數據並移除最舊的數據，達到消除短期波動並維持長期趨勢的目的。其中又可以由數列中每個數據的權重分為簡單移動平均、加權移動平均等，本次研究所使用的移動平均法為一般移動平均。

圖 7 為使用移動平均處理控制器所回傳之功率與功率踏板所讀取到的功率的比較圖，藍色線條為功率踏板的數據，橙色線條為控制器傳出的數據。因移動平均取的數據量為 10 筆，而數列初始化時的十個數據都是 0，在接收滿 10 筆控制器傳出的功率數據前數值皆會比原始數據稍低，因此在最後的數據呈現上會出現略為落後功率踏板的情形。



圖 7 功率移動平均後

校正完畢後再同時使用市售訓練台以及本次研究所使用的電動輔助自行車騎乘互動 APP 中的同一路線進行騎感及功率讀數比較，騎乘感受相較於已經成熟的市售產品略差，但是功率讀取數據差異不大。

#### 研究結果：

本次製作出的 BLE 裝置除了能夠將電動輔助自行車的踏頻、功率、速度等資訊單向傳送至 APP，使室內騎乘變得有趣以外，還使用了騎乘者體重、輪徑以及 APP 回傳的阻力係數進行當下應感受到的阻力計算，並且將數值傳送給控制器，使馬達能夠產生對應的阻力。

電能回收的部分，經過測試之後發現在室內訓練模式下騎乘半天之後就會將原本約 75% 電量的電池充飽。當電池飽電時，會因為電池組的充電電流被限制在非常低的安培上，因此會無法透過室內訓練模式產生阻力，需先對電池進行放電或是到戶外使用輔助力模式進行耗電。



圖 8 實際成品

#### 結論：

本次研究初步完成了透過後輪股馬達回收電能的機制模擬路上騎乘阻力的部分，也透過功率踏板校正控制器送出的功率值，更與市售產品比較騎乘感受與功率讀取數據的正確性。

然而因為目前技術上的問題，一旦使用輔助力模式就無法確定目前的齒比，未能夠在 APP 行進到下坡路段時透過輔助力模擬出下坡時的滑行感受。未來希望能夠進一步以輔助力模擬出下坡時的騎乘感受。



# 助行器及帶輪助行器之靜態、疲勞強度測試法介紹

本文主要目的在介紹助行器及帶輪助行器之靜態、疲勞強度及穩定性測試法。藉此讓國內助行器及帶輪助行器等相關廠商更加深入了解，助行器及帶輪助行器測試法等產品安全要求。國內及國際等多數經濟體，對於助行器及帶輪助行器上市前，須符合(或參考) ISO 11199-1、ISO 11199-2/ CNS 15037-1、CNS 15037-2 之安全要求。特別針對一些相關測試進行本文介紹。

文/檢測部 許震華 #602

## 前言：

關於 ISO 11199-1、ISO 11199-2/ CNS 15037-1、CNS 15037-2 之安全要求,中華民國國家標準目前發行之版本為 CNS 15037-1:2006 雙臂操作步行輔具-要求與測試方法-第 1 部:助行器。中華民國國家標準目前發行之版本為 CNS 15037-2:2006 雙臂操作步行輔具-要求與測試方法-第 2 部:帶輪助行器。以下內容會以靜態、疲勞強度及穩定性測試法測試介紹：助行器靜態

## 負載測試

### 一般要求

助行器應在第 5 條所述的最不利條件下進行測試。

### 靜態負載測試要求

測試後，助行器的任何部分均不得破裂或斷裂。

### 靜態負載測試方法

助行器的靜強度測試按如下進行。

助行器應靜止放置，其腳端和/或輪子位於測試平面上。一個垂直負載力應施加到助行器上，如下圖 1 所示。

負載力應為  $1\,500\text{ N} \pm 30\text{ N}$ 。如果為助行器指定的最大使用者重量偏離標準最大使用者體重 100 公斤，每公斤最大力為 15.0 N

應施加使用者重量  $\pm 2\%$ 。載荷應不小於  $525\text{ N} \pm 10.5\text{ N}$ 。

負載力應在最短 2 秒的時間內逐漸施加到最大力。這個最大力應至少保持 5 秒。於在水平表面上的助行器：

### 圖例

1.負載

2.握套後參考點



圖 1 助行器靜態負載測試

## 助行器靜態腳管強度測試

### 一般要求

助行器應在最不利條件下進行測試。

### 靜態腳管強度測試要求

測試後助行器的腳端不得開裂、斷裂或顯示任何超過 15 mm 的永久變形在腳的末端。

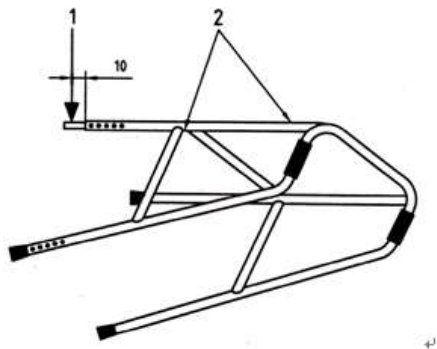
### 靜態腳管強度測試方法

帶腳端的腳端的靜態強度測試應按如下進行。應依次對助行器的每條腳端施加载力。加载力應在比腳端的下端更遠 10 mm 的點上與腳端成直角，並且指向框架的中心。這是通過取下橡膠頭並插入來實現的一個緊密配合的塞子，最多 100 mm，插入構成支腳端下部的管子。

該插頭應突出支腳端外 10 mm 以上，以承受加载力。

被測試的腳端應盡可能靠近下支架支撐在握套的握套側。支撐，並在靠近助行器頂部的一點，如下圖 2 所示。

加载力應為  $300\text{ N} \pm 6\text{ N}$ 。加载力應逐漸施加载到最小 2 s 的時間達到最大力。該最大力應至少保持 5 秒。



圖例

1. 負載

2. 支撐處

圖 2 助行器靜態腳管強度測試

### 助行器疲勞測試

一般要求

助行器應在最不利條件下進行測試。

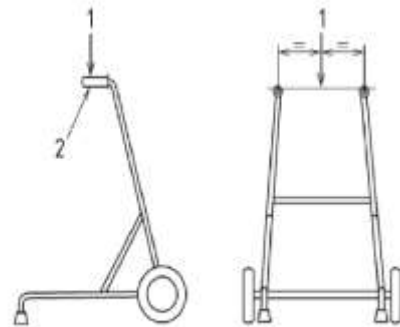
疲勞測試要求

助行器的任何部分不得開裂或斷裂，固定鎖不得鬆動。

疲勞測試方法

助行器的耐久性測試應按如下進行。

助行器的腳端和/或輪子應放置在測試平面上。加载力應為垂直施加载到助行器上，如下圖 3 所示。加载線應穿過連接兩個握套的後握套參考點的線的中點。



圖例

1. 負載

2. 握套後參考點

圖 3 助行器疲勞測試

應施加  $800\text{ N} \pm 16\text{ N}$  的循環力。如果為框架指定的最大使用者重量偏離標準最大使用者體重 100 公斤，每公斤最大力為 8.0 N 應施加使用者重量  $\pm 2\%$ 。載荷應不小於  $280\text{ N} \pm 5.6\text{ N}$ 。施加载荷的時間不應短於 1s。

循環次數應為 200 000。

由於車輪在旋轉時未加載，因此耐久性測試期間車輪的旋轉為並不需要。



## 助行器穩定性

### (1) 靜態穩定性要求

根據進行測試時，助行器不應傾斜。

前向靜態穩定性，助行器傾斜點的平面角度應  $\geq 10.0^\circ$ 。

後向靜態穩定性，助行器傾斜點的平面角度應  $\geq 7.0^\circ$ 。

側向靜態穩定性，助行器傾斜點的平面角度應  $\geq 3.5^\circ$ 。

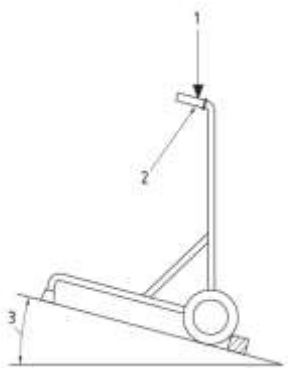
### (2) 前傾穩定性測試

前向靜態穩定性測試應按如下進行。

助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜鉸鏈的中心線平行於通過前輪軸線的線，並成直角使用助行器時的正常移動方向（見圖 4）。

負載應為垂直應用於助行器。負載線應保持垂直並通過中點連接兩個握套上的前握套參考點的線。

應施加  $250\text{ N} \pm 5\text{ N}$  的負載。測試平面應傾斜，最大角度記錄了助行器傾斜點的測試平面。測量精度應小於或等於至  $\pm 0,5^\circ$ 。



圖例

$F_1$  負載

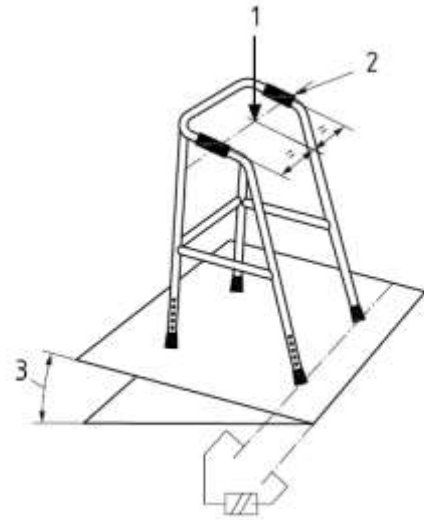
1. 握套前參考點

$\alpha$  傾斜角度

圖 4 前傾穩定性測試

### (3) 後傾穩定性測試

後向靜穩定性測試應按如下進行。



圖例

$F_1$  負載

1. 握套後參考點

$\alpha$  傾斜角度

圖 5 後傾穩定性測試

助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜鉸鏈的中心線平行於通過後輪軸的線，並與後輪軸成直角助行器使用時的正常移動方向（見圖 5）。負載應為垂直應用於助行器。負載線應始終垂直並通過中點穿過兩個握套上的後握套參考點的線。

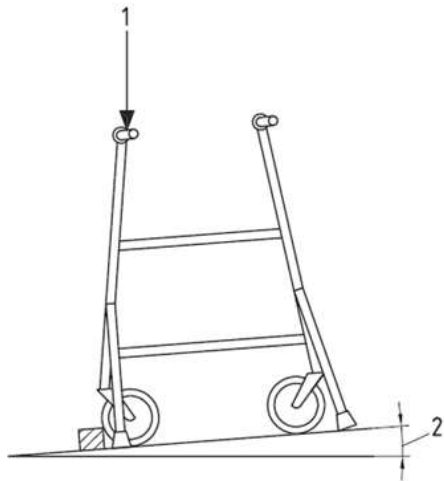
應施加  $250\text{ N} \pm 5\text{ N}$  的負載。測試平面應傾斜，最大角度記錄了助行器傾斜點的測試平面。測量精度應小於或等於至  $\pm 0,5^\circ$ 。

### (4) 側傾穩定性測試

側向靜穩定性測試應按如下進行。

助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜鉸鏈的中心線平行於通過鉸鏈之間接觸區域中心的表面和輪子或尖端與負載握套位於同側的助行器（見圖 6）。負載

應通過中間點垂直施加到助行器上。



圖例

F1.負載

$\alpha$ .傾斜角度

圖 6 側傾穩定性測試

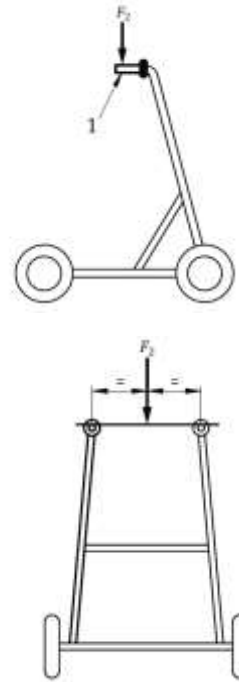
### 帶輪助行器椅座靜態測試

將帶輪助行器固定在平坦的水平測試平面上。  
當配備駐車煞車器時，應用使用駐車煞車器。  
將椅座負載墊放在椅座上，使負載墊底部的中點處於與休息座位的中心垂直對齊。逐漸施加垂直負載  $1200\text{ N} \pm 24\text{ N}$ ，包括加載墊的質量施加到靜止中心的椅座。如果為帶輪助行器指定的最大使用者重量超過  $100\text{ kg}$  的使用者重量，則負載應施加  $12.0\text{ N/kg}$  的最大使用者質量  $\pm 2\%$ 。負載  $\geq 420\text{ N} \pm 8.4\text{ N}$ 。

施加負載  $\geq 1$  分鐘。

#### (2) 靜態測試

在執行前後在  $\pm 2\text{ mm}$  的測量精度內測量帶輪助行器高度負載測試。應記錄帶輪助行器高度減少量。負載應垂直施加到帶輪助行器上，如圖 7 所示。



圖例

F2.負載

1.握套後參考點

圖 7 靜態測試

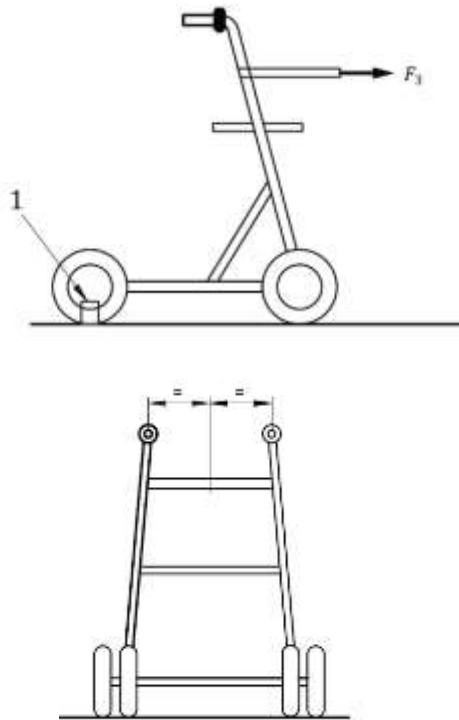
加載線應通過連接兩個握套的後握套參考點的線的中點。

對於  $100\text{ kg}$  的使用者重量，應施加  $1200\text{ N} \pm 24\text{ N}$  的負載。如果最大使用者重量為帶輪助行器指定的使用者質量為  $100\text{ kg}$ ，每公斤使用者的力為  $12.0\text{ N/kg}$  質量  $\pm 2\%$ 。負載應  $\geq 420\text{ N} \pm 8.4\text{ N}$ 。

負載應在最短  $2$  秒的時間內逐漸施加到最大力。這最大力應  $\geq 1$  分鐘。

#### (3) 背靠靜態測試

將帶輪助行器固定在平坦的水平測試平面上。  
帶輪助行器後輪的固定方式應確保帶輪助行器在以下情況下不會移動靠背是靜態加載的。負載應水平施加  $90^\circ$  到靠背表面。



圖例

F3.負載

1.夾持點

圖 8 背靠靜態測試

在最壞情況下，負載應逐漸施加到靠背的中心。在一般使用期間，如圖 8 所示。

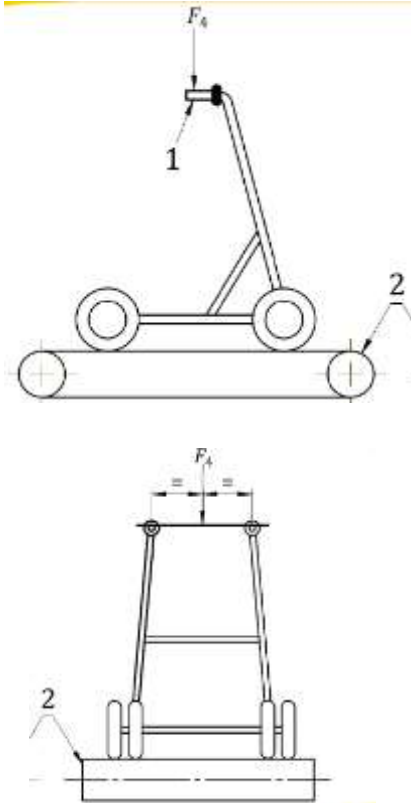
力施加於靠背中間 50 mm 寬的區域。例如，一個 50 mm 寬的 EN 12195-2 中描述的綁紮帶。

負載應為最大使用者重量的  $4.5 \text{ N/kg} \pm 2\%$ 。負載  $\geq 450 \text{ N} \pm 9 \text{ N}$ 。測試力在最短的 2 秒內逐漸增加，直到達到最大值。

該負載應至少保持 60 秒。此測試應重複 10 次。

### 帶輪助行器疲勞測試

帶輪助行器的固定佈置應不妨礙車架自由變形在負載下。



圖例

F4.負載

1.握套後參考點

2.測試平面

圖 9 疲勞測試

負載應垂直施加到帶輪助行器上，如圖 9 所示。加載線應通過連接兩個握套的後握套參考點的線的中點。

帶輪助行器的車輪應放置在速度不低於 0.4 m/s。如果帶輪助行器裝有壓力煞車器，則測試應在剛性地板而不是在行駛表面上。

對於耐久性測試，可以使用雙滾輪測試設備或跑帶測試設備。

備註：圖 9 顯示了四輪帶輪助行器疲勞測試設置示例。

若測試面為圓柱體，其直徑應等於或大於  $250\text{mm} \pm 25\text{mm}$ 。

並且任何帶輪助行器車輪的定位在測試期間應

始終確保通過車輪中心的垂直線不偏離通過車輪中心的垂直平面圓柱體 $\pm 5\text{mm}$  以上。

對於  $100\text{ kg}$  的使用者重量，應施加  $800\text{ N} \pm 16\text{ N}$  的循環力。如果最大使用者重量為帶輪助行器指定的使用者重量超過  $100\text{ kg}$ ，施加  $8.0\text{ N/kg}$  的力最大使用者重量 $\pm 2\%$ 。負載應不小於  $280\text{ N} \pm 5.6\text{ N}$ 。

循環負載應為正弦或平滑類型。

循環加載的頻率不應超過  $1\text{Hz}$ 。

### 帶輪助行器穩定性

#### (1) 靜態穩定性要求

根據進行測試時，帶輪助行器不應傾斜。

前向靜態穩定性，帶輪助行器傾斜點的平面角度應 $\geq 15.0^\circ$ 。

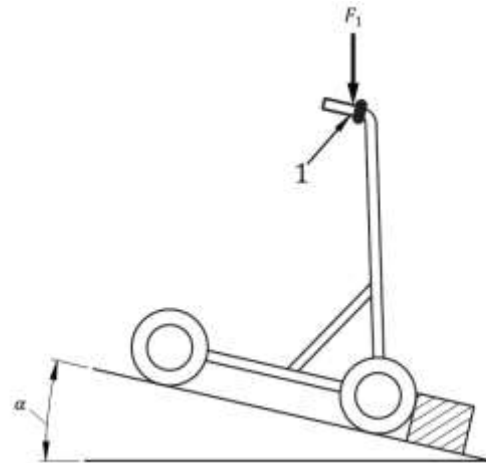
後向靜態穩定性，帶輪助行器傾斜點的平面角度應 $\geq 7.0^\circ$ 。

側向靜態穩定性，帶輪助行器傾斜點的平面角度應 $\geq 3.5^\circ$ 。

#### (2) 前傾穩定性測試

前向靜態穩定性測試應按如下進行。

帶輪助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜鉸鏈的中心線平行於通過前輪軸線的線，並成直角使用帶輪助行器時的正常移動方向（見圖 10）。



圖例

$F_1$ -負載

1.握套前參考點

$\alpha$ .傾斜角度

圖 10 前傾穩定性測試

負載應為垂直應用於帶輪助行器。負載線應保持垂直並通過中點連接兩個握套上的前握套參考點的線。

應施加  $250\text{ N} \pm 5\text{ N}$  的負載。測試平面應傾斜，最大角度記錄了帶輪助行器傾斜點的測試平面。測量精度應小於或等於至  $\pm 0.5^\circ$ 。

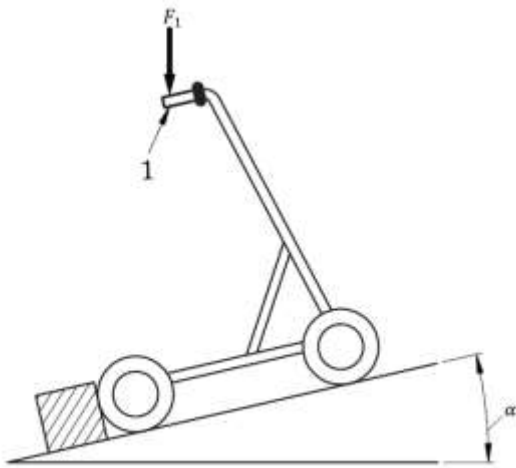
#### (2) 後傾穩定性測試

後向靜穩定性測試應按如下進行。

帶輪助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜鉸鏈的中心線平行於通過後輪軸的線，並與後輪軸成直角帶輪助行器使用時的正常移動方向（見圖 11）。負載應為垂直應用於帶輪助行器。負載線應始終垂直並通過中點穿過兩個握套上的後握套參考點的線。



應施加  $250\text{ N} \pm 5\text{ N}$  的負載。測試平面應傾斜，最大角度記錄了帶輪助行器傾斜點的測試平面。測量精度應小於或等於至  $\pm 0,5^\circ$ 。



圖例

F1.負載

1.握套後參考點

$\alpha$ .傾斜角度

圖 11 後傾穩定性測試

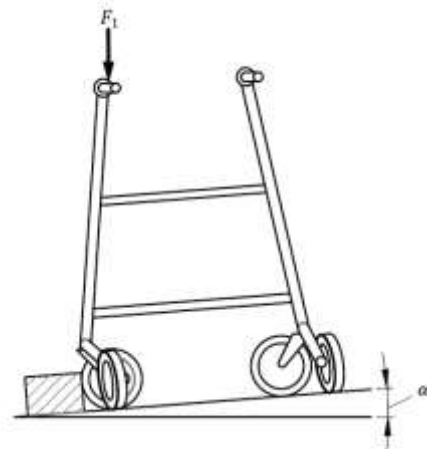
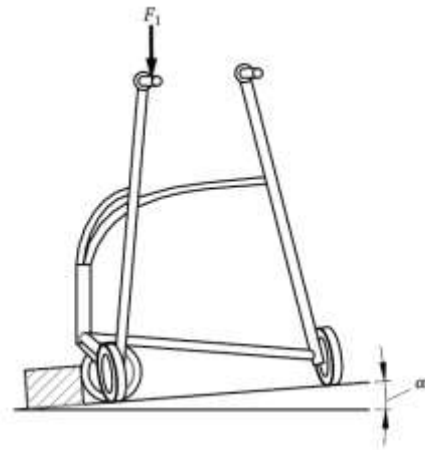
### (3) 側傾穩定性測試

側向靜穩定性測試應按如下進行。

帶輪助行器應將其輪子放在一個測試平面上，該平面可以從水平方向傾斜，使中心線平行於通過鉸鏈之間接觸區域中心的表面和輪子或尖端與負載握套位於同側的帶輪助行器（見圖 12）。負載應通過中間點垂直施加到帶輪助行器上。

最靠近傾斜測試平面鉸鏈的握套的前後參考點。

量測精度  $\leq \pm 0.5^\circ$ 。



F1.負載

$\alpha$ .傾斜角度

圖 12 側傾穩定性測試

負載線應始終垂直。

應施加  $250\text{ N} \pm 5\text{ N}$  的負載。測試平面應傾斜，最大角度為記錄了帶輪助行器傾斜點的平面。側向穩定性應在兩個握套上進行測試以這種方式，紀錄較低值應記錄為帶輪助行器的側向穩定性。

### (4) 附件穩定性測試

帶輪助行器隨附配件，例如滴水架、籃子、托盤、購物袋和/或氧氣瓶架應根據上述(2)、(3)和(4)進行靜態穩定性測試，附件固定在帶輪助行器上的位置。測試應與每個附件和組合，根據製造商的建議固定在帶輪助行器上每次測試



的最壞情況。測試結果應在 (1) 給出的範圍內。  
測試期間，滴水架應負載到最大容量，籃子、托盤或購物袋裝到製造商規定的容量，氧氣瓶裝滿。如果籃子、托盤或購物袋沒有指定規格，一袋沙子施加負載將  $50\text{ N} \pm 1\text{ N}$  的沙子均勻分佈在籃底、托盤和購物包。

**參考資料：**

1. ISO 11199-1 Assistive products for walking manipulated by both arms — Requirements and test methods — Part 1:Walking frames(2021).
2. CNS 15037-1:2006 雙臂操作步行輔具-要求與測試方法-第 1 部:助行器。
3. ISO 11199-2 Assistive products for walking manipulated by both arms — Requirements and test methods — Part 2:Rollators(2021).
- ㊦ 4. CNS CNS 15037-2:2006 雙臂操作步行輔具-要求與測試方法-第 2 部：帶輪助行器。



# 自行車產品安全要求現況與發展趨勢概述

2023 年無論自行車與電動輔助自行車之出口量與出口值，雙雙皆下滑兩位數。因受到歐、美市場去庫存化影響，全球核心通膨壓力續存、主要經濟體消費動能疲弱，尤其歐美地區仍受高利率、能源價格波動干擾，不利於提升民眾對非必要性產品的支出意願，故 2023 年總體經營環境對我國自行車製造業的發展呈現相對不利局勢。自行車庫存可望於 2024 年下半年恢復正常水位，故 2024 全年我國自行車製造業景氣將呈現持平偏弱格局。

文/檢測部 業務組 #108

## 一、 產業概況

經濟部最新產業統計表示，2023年整體自行車與電動輔助自行車市場出現庫存過高現象，在疫情紅利所帶動的自行車騎乘風氣漸趨消散的情況下，2023年來我國自行車製造業已步向調節庫存及產能的階段，尤其歐美地區先後受到高通膨、高利率，地緣政治持續動盪影響能源價格等負面衝擊，以及初春時節氣候狀況寒冷嚴峻等外部因素干擾，導使歐美當地品牌經銷商的銷售量迅速下滑，以入門款自行車的銷售表現最為疲弱，使得銷售端的成車庫存明顯走高，不過由於自行車經銷商已於先前大量訂貨，因此我國自行車廠商仍得以持續出貨遞延訂單，庫存也多以零件為主，從而使得2023年上半年我國自行車製造業的銷售值仍呈現成長走勢。然而隨著自行車經銷商已調節採購量能，2023年第三季起國內自行車領導製造商的新訂單量相對於高峰期已明顯減緩，不利於出貨動能的增加，廠商也進一步降低產能，減少庫存化的壓力，從而造成2023年1~7月我國自行車製造業的出口值為下滑態勢，衰退幅度高達30.85%(詳見表一)。

單位：百萬元、%

	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年1-7月
進口值	17,264	15,369	20,694	23,368	10,511
年增率	5.94	-10.98	34.65	12.92	-21.38
出口值	29,600	31,402	46,036	57,850	23,288
年增率	2.50	6.09	46.60	25.66	-30.85

資料來源：中華民國海關進出口統計資料、台經院產經資料庫整理(2023年10月)

如上表一為近年我國自行車零件製造業進、出口值概況。

而2023年1~9月的總銷售值則為671.41億元，年減率為6.23%(詳見表二)。

單位：百萬元、%

	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年1-9月
生產值	66,151	59,869	71,032	94,470	62,187
成長率	27.23	-9.50	18.65	33.00	-7.37
銷售值	69,761	62,994	78,425	101,547	67,141
成長率	22.66	-9.70	24.50	29.48	-6.23
存貨值	1,831	2,298	2,716	4,030	3,734
成長率	25.06	25.47	18.17	48.40	-18.39

資料來源：經濟部統計處工業生產統計資料彙整，台經院產經資料庫整理(2023年12月)

如上表二為我國自行車製造業產銷存值概況。

## 二、 自行車產品安全法規要求現況

國際標準 ISO 4210 : 2023 自行車安全標準規範 (The International Organization for Standardization 4210 : 2023 , 簡稱 ISO 4210 )於 2023 年更新法規。此標準為最多自行車廠商依循的標準規範，ISO 4210 於各個經濟市場雖非強制性規範要求，但幾乎各個經濟市場均要求供應商之自行車整車與零組件符合此自願性安全要求為依據，確保產品品質及安全性。

就 ISO 4210 : 2023 之自行車安全標準規範，主要分九個章節：

第一章：名詞解釋與定義。

第二章：城市旅行車、青少年車、登山車、跑車的安全標準規範。

第三章：一般檢驗標準。

第四章：煞車檢驗標準。

第五章：操控系統檢驗標準

第六章：車架與前叉檢驗標準。

第七章：車輪與輪圈檢驗標準。

第八章：腳踏板與驅動系統檢驗標準。

第九章：座墊與座桿檢驗標準。

如下表圖三所示：



表三 零件相關配置圖

此國際標準是為了規範自行車之產品，以確保安全性及其實用性。法規內制定許多安全測試，例如零組件的疲勞、靜力、衝擊等相關測試，確保每個零件的耐用和堅固在安全至上的條件下，嚴格要求最高的品質，保障消費者在騎乘的過程中安全。

國際標準 ISO 8098 : 2023 兒童自行車安全標準規範 (The International Organization for Standardization 8098 : 2023 , 簡稱 ISO 8098)於 2023 年更新法規。

此份法規載明兒童自行車與其零組件的安全與性能試驗要求，範圍包括設計、組裝與試驗方法，並提供使用與保養兒童自行車的說明指南。其規範的內容適用於最高座墊高介於 435mm 與 635mm 之間的自行車，且車輛由後輪驅動。此規範不適用於特殊類型自行車，如特技自行車 (BMX 自行

車)。

美國自行車安全規定，相關自行車檢測要求與方法(16 CFR Part 1512)，主要規範於美國聯邦法規 (Code of Federal Regulations) Title 16 Part 1512 中，其主要監管產品安全機關則為消費者產品安全委員會 (Consumer Product Safety Commission)。

其法規對於一般自行車的結構測試提出了要求，另外對電動輔助自行車的要求僅有馬力 < 750 瓦，170 磅騎行者重量之時速度 < 20 mph。近期，CPSC 已呼籲會進一步完善和更新這些規定，以確保電動輔助自行車在結構安全方面的要求更加嚴謹。在此趨勢發展下，美國州政府和組織已提出更高的安全要求。例如，紐約州已經通過了一項新法規，要求電動輔助自行車應符合 ANSI/CAN/UL 2849 標準。這表明州政府對於電動輔助自行車的安全性提出更高的要求，並希望通過引入相應的標準來保障用戶的安全。

近年來因電動輔助自行車 (Electrically Power Assisted Cycles, EPAC) 作為一種新興的個人移動工具在全球市場獲得了廣泛的應用和歡迎。由於其特殊的動力輔助系統，使騎乘者有更多的騎乘體驗。故電動輔助自行車的安全性也引起了人們的關注。為了確保電動輔助自行車的安全性，國際與區域市場已制定了相關的安全要求和標準，例如 EN 15194、EN 17404。

自行車與電動自行車 車種與標準(區域)概況介紹

車種 / 區域	ISO 國際標準組織	EN 歐洲標準組織	CPSC/UL ANSI/CAN/UL	DIN 德國	CNS 台灣
自行車(BIKE) 無手車/城市車/登山車/單車	ISO 4210 系列 2023 (佔 50%)		CPSC 1512 7 佔 3%		CNS 398 (佔 1%)
電動輔助自行車(EPAC)		EN 15194 : 2017 (佔 40%)	ANSI/CAN/UL 2849:2020 7 佔 4%		CNS 14126 (佔 1%)
電動輔助登山自行車(E-MTB)		EN 17404 : 2022 (佔 100%)			
載貨型自行車(CARGO BIKE)				DIN 79033:2022 (佔 100%)	

國際標準化組織 International Organization for Standardization (ISO)  
會員分區圖：藍色為會員 (members)；黃色為準會員 (correspondent members)

歐洲標準組織 European Committee for Standardization (CEN)  
會員分區圖：藍色為會員 (members)；黃色為準會員 (correspondent members)

ANSI/CAN/UL 2849 適用於北美中歐等地區：美國 / 加拿大 / 墨西哥

註：佔比數據僅供參考，非絕對精確數據，以實際情況為準。

國際標準 EN 15194:2017+A1:2023 電動輔助自行車 EPAC Bicycles (Cycles - Electrically power assisted cycles - EPAC Bicycles) 為針對此車種之標準，也於 2023 更新其法規。

此份法規適用於私人和商業用途的 EPAC 自行車，但用於無人值守車站租賃 EPAC 自行車除外。其標準旨在涵蓋確保電動輔助自行車在預期使用以及製造商在可合理預見的誤用情況下的所有常見重大危險、危險情況和事件。涵蓋最大連續額定功率為 0.25 kW 的電動輔助自行車，當 EPAC 達到 25 km/h 的速度時，其輸出逐漸減少並最終切斷，或更早，如果騎車人停止腳踏板。

標準規定了引擎電源管理系統、電路 (包括用於設計和組裝電動輔助自行車的充電系統) 以及額定電壓高達 48 V 直流或集成電池的系統子組件的要求和測試方法，標稱 230 V 交流輸入的充電器。

標準規定了公共道路上使用的 EPAC 自行車和組件的設計、組裝和測試的安全和安全相關性能要求，並制定了此類自行車



的使用和保養說明指南。

適用於最高座墊高於 635 mm 或以上且用於公共道路的 EPAC 自行車。

另外針對**電動輔助登山車 (Cycles - Electrically power assisted cycles - EPAC Mountain bikes, EN 17404 : 2022)**。該標準針對登山車類型的電動輔助自行車制定了特殊的安全要求。登山車的特殊性要求其在崎嶇山地和惡劣環境下具有更高的安全性和耐用性。EN 17404 (搭配 EN15194 )規定了登山車電動輔助系統的最大輸出功率、車輛的結構強度和穩定性、制動系統、懸掛系統、輪胎和輪圈等方面的要求。這些要求的實施使得登山型的電動輔助自行車能夠應對各種複雜的騎行條件，提供更高的安全性和可靠性。

這些標準的實施對於電動輔助自行車的安全至關重要。它們確保了電動輔助自行車在設計和製造過程中符合相應的安全要求，從而降低了使用者在騎行過程中發生事故的風險。

此外，這些標準的不斷更新和完善也反映了對電動輔助自行車安全性的持續關注和提高要求的趨勢。未來，隨著技術的進步和用戶需求的變化，相關標準和要求將會繼續進步，以確保電動輔助自行車在安全性和可靠性方面不斷提升，為使用者提供更好的騎行體驗。

**國內自行車標準 CNS366-1~-9 法規標準**。其依據 2015 年第二版 ISO 4210，修訂成為中華民國國家標準。此標準採自願性方式實施，其主要章節與 ISO 4210 相似，但我國國家標準增加了塑化劑與多環芳烴之檢測項目。

另外國內針對用於附載幼童之腳踏自行車與電動輔助自行車及自行車兒童座椅，應符合台灣自行車產業標準 **TBIS 007 (Taiwan Bicycle Industry Standard, 簡稱 TBIS)** 乘載兒童自行車安全要求規定。對於乘載兒童之自行車或電動輔助自行車要求與測試方法的部分，其測試項目如下表所示：

TBIS 007:2020	
測試項目	
8.1 穩定性(CNS 15896)	
8.1.1 騎乘過程之穩定性	
8.1.2 停止時之穩定性	
8.1.3 停放時之穩定	
8.2 騎乘性	
8.2.1 起步時之騎乘性	
8.2.2 騎乘時之騎乘性	
8.2.3 上下車之容易度	
8.3 煞車性能(CNS 366-4或BA B.1或BA B.2)	
8.4 安裝行李架及/或兒童座椅之自行車雙滾輪耐久性	
8.5 駐車架(JIS D9453)	
8.5.1 靜力測試	
8.5.2 疲勞耐久測試	

由於近年來因環保與減碳的議題，歐美地區愈來愈風行「電動載貨自行車」有電動輔助的腳踏功能，還有適合載孩子、寵物或購物用的大貨籃，因此深受許多家庭喜愛。故德國針對此車制定 **DIN 79010 : 2020 單軌以及多軌運輸及載貨自行車法規 (Cycles-Transportation bikes and cargo bikes - Requirements and test methods for single- and multi-track cycles)**確保消費者使用之安全。本標準不適用於符合 ISO 4210、ISO 8098 (兒童自行車)、EN 16054 (BMX 自行車) 和 EN 15194 (EPAC 自行車) 要求的自行車。

此標準適用範圍為：

1. 單軌以及多軌運輸及載貨自行車，人力踩動或採用電動輔助功能(額定功率不大於 250W，

輔助速度不高於 25km/h)。

2. 單軌載貨自行車最大總重為 250 kg，多軌載貨自行車則是 300 kg。

單軌與多軌運輸及載貨自行車如下圖所示：



	最大寬度	最大允許載重	電輔
單軸跡	1 m	250 kg	250 W
多軸跡	2 m	300 kg	25 km/hr

針對運輸型自行車制定了安全要求，包括載貨和載人的要求、穩定性、操控性和制動性等方面。這些要求旨在確保運輸型電動輔助自行車在載運貨物或乘載乘客時具有足夠的安全性和穩定性。

**BMX 自行車其法規為 BS EN16054 : 2012 (BMX bicycles – Safety requirements and test methods)**。此為歐洲標準規定了用於任何類型地點（例如道路和/或軌道和/或坡道）的

BMX 自行車和組件的設計、組裝和測試的安全和性能要求。

它適用於為雜技地面動作、特技動作和特技動作等活動而設計和裝備的特殊類型自行車，並制定了此類 BMX 自行車的使用和保養說明指南。

它適用於車座高度可調節的小輪自行車，最高座墊高度最小為435 mm或以上。

它適用於：

型式一，為體重 45 kg 或以下的使用者設計的 BMX。

型式二，BMX 專為體重超過 45 公斤的使用者設計。

### 三、 自行車發展趨勢

根據EIU、S&P Global及IMF等三家國際知名研究機構對全球及主要經濟體的GDP預測資料顯示，儘管2024年全球、美國、歐洲、日本、中國等國家之GDP預測值皆為正數，不過相較2023年則呈現成長趨緩走勢，凸顯2024年全球經濟情勢不甚樂觀，通膨、地緣政治等負面風險仍將延續，預計我國經營環境將持續呈現內溫外冷，整體緩步成長的狀況。

	EIU		S&P Global		IMF	
	2024年	2023年	2024年	2023年	2024年	2023年
Global	2.2	2.5	2.3	2.6	2.9	3.0
USA	0.9	2.4	1.4	2.4	1.5	2.1
Japan	1.4	2.0	1.1	1.8	1.0	2.0
Euro Area	1.0	0.7	0.5	0.5	1.2	0.7
China	4.8	5.5	4.7	5.2	4.2	5.0

注：EIU及 S&P Global 的 GDP 預測公佈時間為 2023 年 11 月。IMF 的 GDP 預測公佈時間為 2023 年 10 月

資料來源：各研究機構、台經院整理(2023 年 11 月)

圖表為國際主要研究機構對2024年全球及主要國家GDP預測。

尤其在自行車製造業方面，由於歐美國家為主要出口地區，加上自行車成車的庫存水位降低速度緩慢，因此在2024年全球與歐美經濟呈現保守局勢的情況下，將不利於我國自行車製造業的出口訂單擴張，預計2024年上半年本產業仍將處於去庫存化的階段，廠商營運壓力不易釋放。至於2024年下半年，待自行車庫存水位消化達正常範圍後，整體供需可望恢復穩定，加上我國自行車製造商仍積極提升材料、性能等設計，推出符合流行趨勢的新車款，並可望拉升自行車的平​​均售價，且世界各國綠色政策的持續推行，亦將帶動傳統自行車及電動自行車的銷售表現回溫，因此預計2024年本產業的銷售情況將呈現先降後回穩的趨勢，而我



國自行車製造業於2024全年的整體景氣將以持平偏弱格局視之。

對於自行車產業現況與未來趨勢 自行車產業近年來受到各種因素的影響，包括天氣、共享單車、COVID-19 疫情等，但隨著市場需求轉向高階及電動輔助自行車，未來依舊是發展趨勢。電動自行車市場快速成長：因為電動自行車的騎乘體驗比傳統自行車更舒適，且可以減少騎行的負擔，因此市場需求在快速成長。

隨著科技的進步和電動自行車的性能提高，市場需求將繼續增加。全球減碳的發展趨勢，隨著全球綠色交通意識的抬頭，自行車成為減少碳排放的重要交通工具之一。

自行車產業將持續受到政府綠色政策的支持。自行車共享商業模式的發展：共享單車的出現將自行車推向了新的商業模式，未來可能出現更多的自行車共享商業模式。智能化：隨著科技的進步，智能自行車將成為未來發展的趨勢，自行車將與智能手機等智能裝置相連接，提供更好的使用體驗和安全保障。總之，自行車產業將會持續受到市場需求和科技的驅動，未來有望成為更為智能化和綠色化的交通工具。

然而，隨著人們對於健康生活方式和環境保護意識的增強，以及城市化進程的加速，電動輔助自行車的市場前景仍是看好的。在這個發展快速的市場中，企業需要密切關注消費者的需求和趨勢，進行創新和技術升級，以滿足不斷增長的市場需求。同時，政府和相關機構也需要積極制定相應的政策和規範，以促進電動輔助自行車市場的健康發展。

綜觀我國電動輔助自行車在整車與零部件方面正引領世界潮流，朝向輕量化、電動化、智

能與聯網化以及共享與服務化的方向發展。這一趨勢的改變將使有線和無線訊號的傳遞變得更加重要，同時相關的安全要求預期將朝向符合類似汽機車等相關要求的趨勢。在這樣的發展趨勢下，相信電動輔助自行車的訊號傳遞安全性也將變得更加重要。訊號傳遞是智能輔助系統和聯網功能的基礎，它涉及到車輛與外部環境的信息交換，包括車輛狀態、路況數據、定位信息等。因此，我國自行車產業需要確保這些訊號的準確傳遞和可靠性。只有在滿足這些安全要求的基礎上，我們的電動輔助自行車才能更好地保障使用者的安全和利益。

總之，我們相信，隨著這一趨勢的推進以及產品安全要求的發展，我國的電動輔助自行車將在全球舞台上展現更大的影響力和競爭力，且能保障騎乘者的安全與福祉。

#### 參考文獻：

1. 台灣經濟研究院產經資料庫，  
**2024年我國自行車製造業產業分析。**
2. 台灣經濟研究院產經資料庫，  
自行車零件製造業景氣動態報告。
3. <https://standards.iteh.ai/catalog/standard/s/cen/747938c9-ed72-4ab4-baf1-812188fa85e2/en-16054-2012>
4. <https://www.iso.org/standard/78085.html>
5. <https://www.tba-cycling.org/news-detail/tbis.htm>

# 高齡健康運動科技產品的驅勢與技術類型

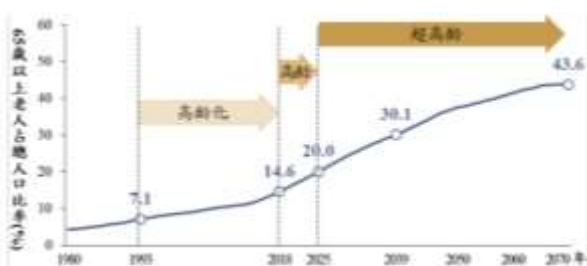
臺灣現今社會人口老化嚴重，老年人口將於 2025 年突破 20%，正式進入超高齡社會。人口老化所帶來許多社會問題，而臺灣目前醫療從業人員面臨極大的人力缺口，在醫療、照顧量能無法繼續擴增之下。如何讓臺灣長者健康老化的策略極為重要，藉由精準的運動來提升運動效益將是延緩老化的主要方法，因此在這一波銀色商機中，本文將著重在國內外科業者針對不同運動需求的長者各自開發了何種的特色產品來進行初步的介紹，並探討其中常見的技术類型。

文/健促部 賴世平 #8803

05-2918899

## 一、研究背景

根據聯合國「2022 世界人口展望」報告中，除了全球人口突破 80 億的消息之外。2050 年人口成長將達到 97 億，65 歲以上的老年人口占比將從 2022 年的 10%，增加至 16%，代表全球都將進入高齡社會。而由國家發展委員會「中華民國人口推估 2022 年至 2070 年」中推估，臺灣 2050 年的老年人口將達到 40% 的超高齡社會。人口老化帶來的諸多經濟、社會、長照的現象已是迫在眉睫的問題。



圖一、高齡化時程-中推估

(資料來源：國家發展委員會，2022)

由於平均壽命的延長、生育率的下降，臺灣人口老化速度已名列世界前茅。在社會資源、照顧者不足的情況下，延緩老化及健康

老化的策略日益重要。健康老化的定義是「生理、心理及社會面向的最適化，老人得以在無歧視的環境中積極參與社會、獨立自主且有良好的生活品質」(國家發展委員會，2009)。如何成功達到健康老化，更需要破除既定認為老人就是需要被照顧的傳統觀念。美國 Robert James Havighurst 學者最早於 1961 年提出活動理論(The activity theory)，說明健康老化的關鍵在於積極的社會活動。

現今臺灣對人口老化現象已有許多政策的投入，包括衛生福利部於 2017 年推動的長照 2.0 計畫。鼓勵並擴充服務量能。並佈建長照 ABC，其中 C 級長照巷弄站更是一般民眾都能接觸到的服務。而除了被動照顧之外，更積極的是透過產業發展、科技的導入來產生綜效，使越來越多業者可以從這一波銀色商機中研發合適的產品、服務，來加速帶動高齡科技的發展。因此行政院通過「高齡科技產業行動計畫」旨在透過高齡科技產品的發展、推動數位學習的建置及照顧者、服務場域的建置，進而從被動照顧轉為主動賦能，來打造共融共創、自主樂活的銀髮世代。



圖二、高齡科技產業計畫推動機制

(資料來源：國家科學及技術委員會，2023)

## 二、高齡運動科技健康相關產品

隨著科技進步、手機應用的普及，科技已不再是年輕人的專利。越來越多的長者已習慣數位科技的使用，他們不願意被貼上老人的標籤，不再使用過去常見的大按鍵老人手機，他們跟著潮流戴上藍芽耳機、智慧手錶，頻繁地注意手機上動態訊息，打卡、分享資訊，騎著共享單車到健身房參加各式各樣的運動課程。面對高齡族群不同的運動需求，如何提供合適、有效且不會造成運動傷害的運動方式就是這一產業所必須突破的門檻。

對於臺灣一般長者而言，年輕時工作繁忙，承擔著家庭經濟壓力，運動跟身體往往被忽略，沒有建立良好的運動習慣，導致退休後常常閒賦在家，進而降低了社交頻率。對於這一類的族群而言，提高其運動頻率、建立具吸引力的方案，從而願意開始運動是其重點。工研院開發「智慧可攜式虛實互動居家高球模擬器」，可利用手機選擇想要的球場，系統即能呈現逼真的地形場景，讓室內也能有打擊高爾夫的體驗。加上研發的 AI 3D 感測分析技術，除了提高其訓練的效果，更能透過模擬真實高爾夫的打擊使長者能從中獲得樂趣。



圖三、智慧可攜式虛實互動居家高球模擬器

(資料來源：工研院)

面對喜好運動的長者，如何協助增加成就感、維持其體能是這一類族群最主要的需求。神寶醫資股份有限公司推出 Stampede 智能運動地墊，透過獨特的按壓感測元件結合資通訊技術，目前已與國內許多國民運動中心、運動健身房合作。透過燈光的引導及不同運動餐單的設計，可以逐步提升長者敏捷及肢體活動度。較適合體能強健並想尋求更高運動成績的運動族群。



圖四、智能運動地墊 (資料來源：神寶醫資)

在老化過程中長者遇到重大疾病、意外所造成的急性失能是無法避免的，久坐不運動或失智所造成的體能下降是能透過運動來達到延緩的效果。而在資源較為不足的偏遠地區長者往往因運動觀念不足，誤以為每日走去街口買菜即有達到運動效果。



這一類的長者所需要的是提高其運動品質，促進其能滿足最基本的運動質量。待其運動習慣建立後，再透過家人支持逐步提高其運動能力。高登公司開發的好十肌居家運動器材主要透過油壓式阻力環狀器材結合 NB-IoT 技術，使器材能即時記錄長者運動數據，並可透過 LINE 即時傳訊，使家人也能得知長者的運動情況，強化長者運動的效率。

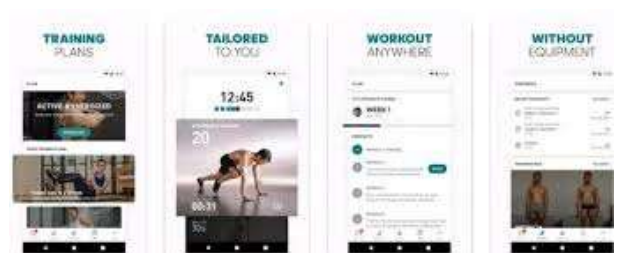


圖五、RINGOAL Home 好十肌

(資料來源：高登官網)

而如今科技傳播速度快速很大程度得益於智慧手機的普及。智慧手機上所建置的 APP 更是種類繁多，無論是要進行高強度的三鐵、重量訓練、彼拉提斯，或是到步行、舒緩等較溫和的課程。只要在網路商店輸入關鍵字，任何人都能輕鬆找到數十款 APP，而這一類型的 APP 甚至都不須付費。可以說只要想運動，任何時刻、地點都能用最經濟的方式來進行。但是也由於各家廠商所研發的程式功能不盡相同，在系統介面操作習慣、運動種類、課程設計不一定能滿足長者所需。以國際大廠 adidas 的 adidas Training by Runtastic 為例，在此款 APP 之中，無須藉由器材，使用者居家就能透過觀看影片教學，並自行設計想訓練的部位、時長。運動結束後能拍照進行紀錄，讓運動成效能更有感。其他還有許多如 Nike Training Club、Fitness

For Woman 等許多健身 APP，只要透過簡易的設定，熟練之後高齡長者來使用幾乎也不會有甚麼困難。但是運用這一類的運動助理 APP 來輔助運動跟去健身房購買健身課程的最大差異就是長者必須要有一定程度的科技素養及運動知識，因為教學內容品質不一，長者必須循序漸進，量力而為，避免造成運動傷害。



圖六、adidas Training by Runtastic

(資料來源：adidas 官網)

除了個人居家運動之外，社區據點更是臺灣長者幾乎每日都會報到的地方。長者在社區除了可以得到相互的照顧，更能透過同儕間的鼓勵達到更好的運動效果，同時結合社福團體或政府資源的投入，社區長者可以獲得更多元的運動課程。因此雲林縣政府與雲林科技大學合作，共同執行衛服部運動科技應用與產業發展推動國民健康場域應用計畫，透過六大項科技體適能檢測來評估長者的整體健康狀況，並導入高齡科技環狀運動系統與適切的運動課程設計。目標是達成「據點連結據點」，以期輻射至各鄉鎮的社區，以提高縣民的運動習慣。



圖七、雲林縣運動科技示範中心

(資料來源：雲林科技大學)

在政策面上，臺灣各縣市均投入了許多社會福利資源，如嘉義市政府衛生局辦理「i 嘉科技運動會」，就是透過科技運動導入的概念來提高長者運動的意願，嘉義市政府衛生局於 2023 年結合高登、真茂、宇康醫電、神寶醫資、財團法人自行車研發中心等五家業者提供六項的運動科技競賽，透過阻力偵測、壓力感測、三軸傳感器、紅外線等各種不同的資通訊技術來達成運動紀錄。除了競賽之外，其運動數據更會透過雲端網路進行儲存，並將參與的長者成績進行即時排名，鼓勵長者運動以獲得成就感。



圖八：i 嘉科技運動會活動花絮

(資料來源：嘉義市政府衛生局)

另外，國際趨勢中，每年美國舉辦的消費性電子展(CES)在數位科技、高齡科技在全世界具有極高的影響力，其代表著目前最尖端科技的趨勢。在 2024 年共聚集了 1400 多家新創公司，其中數位健康、無障礙與高齡科技等共有 70 項產品獲得創新獎。其中香港理工大學藉由運動傳感器與擴增實境的應用，開發高齡音樂運動系統，藉由交互認知刺激的音樂遊戲來維持長者的認知。以期解決老化所產生的社交孤立問題。



圖九：高齡音樂運動系統

(資料來源：CES 官網)

同時我們仍須考慮的是高齡長者不一定是社會弱勢的一方，他們也擁有追求潮流、更高品質的生活模式的權力。戰後嬰兒潮世代正在逐漸步入老年，他們擁有強大的社經背景，對新科技的應用也相對不排斥，許多新創產品也能促進這一類的長者維持更好的運動效果。2024 美國消費性電子展(CES)中的 Barunbio 公司藉由 WE-STIM 緊身褲中的特殊導電纖維收集運動產生的自然電能，並傳遞到身體的特定部位，使肌肉恢復活力以減少疲勞。除了提高其運動效果，而時尚的設計也對生活品質與個人形象的提升具有正面意義。



圖十: WE-STIM 緊身褲 (資料來源: Barunbio Inc.官網)

因此人口高齡化已是不可逆的趨勢情況下，我們要做的除了政府政策、社會福利、醫療資源的投入，還需要改變我們對老化的觀念。因此除了科技技術導入，還必須透過個人觀念的提升、家屬的支持與整體社會環境的打造，讓老年人能夠增進社交、運動，以維持其生理機能及生活品質，進而產生自我價值，社會才能永續發展，期許每一個人都能擁有健康、積極、快樂的生活。

### 三、相關技術類型

綜上所述，由於科技日新月異，資訊普及化及家用電子產品成本的下降，開發商能用更低廉、方便的成本取得人力、資源與材料。科技產品應用的領域也越來越多廣。根據世界經濟論壇(WEF)於 2023 年公布的「十大新興科技報告」中，評選出對世界能產生正向的創新技術，專家們認為這些技術除了具有技術的突破性，對投資者而言也非常具有吸引力，在技術不斷取得突破性進展之下，非常可能在五年內得到廣泛的應用。其中不乏能應用於高齡運動科技的部分，羅列如下：

#### (一)生成式 AI

隨著 ChatGPT 掀起的 AI 旋風，如今 2024 年最炙手可熱的技術仍然是生成式 AI。此一創新的技術帶來了無遠弗屆的效果，隨著企業、政府等各種資源的推動、宣傳。似乎沒有任何產業能脫離 AI，這一類的技術不只限於軟體開發，對於設計、藝術、學術、經濟、工程等，已能應用於各種用途。未來，透過持續優化數據、學習模型，生成式 AI 將可提供更多、更優秀的輔助控制工具。也能極大的刺激高齡運動科技的發展。

#### (二)可彎曲電池

高齡運動科技是屬於家用電子領域範疇，具有輕便、易攜帶、可重複使用是其中的重點，而現階段穿戴式科技受限於電池續載力與尺寸。導致在應用上大多侷限於智慧手錶，將來軟性電池的電極能印刷至軟體材質如石墨烯、碳纖維等材料上時，可以想像的是會帶來重大突破，偵測裝置能包覆於全身，必能帶來更精準的數據。

#### (三)可穿戴植物感測器

目前各行各業的感測器應用於最多的通常是在一部電動車之上。透過 IOT 物聯網、資通訊技術、無線感測、GPS，一部電動車可以說是一台移動式的資料產生中心。未來新一代的感測器可以透過體積小巧的裝置，裝設在植物上，可以監測溫度、濕度、水分等。以提高產能，帶動有關飲食、健康的科技的進步。



#### (四)軟性神經電子學

腦神經學在過去僅限於實驗室研究使用，其成本高昂，導致研究進展緩慢。對於高齡者而言，運動促進是較為低廉的照護措施。但對於失智者、失能者往往只能消極照顧，無法延緩其惡化。當科技能開發出與生物質相容之材料時，便能透過非侵入式的偵測與神經溝通。目前腦機介面(BMI)已逐步應用於癲癇、節肢等患者的治療之上。

#### (五)元宇宙

2021 年最重磅的消息無非是 Facebook 改名為 Meta，也讓元宇宙一詞廣泛為人所熟知。但 3 年過去，元宇宙似乎能停留在頭戴式 VR 設備的情境。但隨著生產成本的下降，越來越多的 AI 工具能輔助開發商進行系統的開發。元宇宙的應用並不只限於 VR，目前能有許多產品開發商將元宇宙應用於心理健康治療、社群參與和沉浸式的應用。

#### (六)永續運算

2024 年的現在還有一個最重要的關鍵字，那就是淨零碳排與永續經營。在地球暖化的過程中，上述的生成式 AI 技術並無法改善環境惡化的狀況，反到因為強大的計算能力需耗費可觀的電力，而造成進一步的惡化。目前研究人員正研發許多技術以期能實現淨零碳排。其中永續運算是透過將過多的發熱用於室內保暖等，以提高能源的使用效率。例如斯德哥爾摩市透過餘熱的利用來維持家庭的熱能使用。

而 Google 也透過智能驅動的能源管理降低資料中心的能耗。

#### (七)AI 輔助醫療

AI 能輔助醫療在如今已是進行式。在過去，高齡者往往只能透過醫師診斷來獲取被治療的機會。在資訊封閉、資源不足的偏鄉地區老人常會因此延誤治療。如今，人工智慧能逐步提升世界醫療產業的分析與預測能力，以提前應對突發事件並減少等待治療的時間。同時也能消彌資訊落差，以更好的提升整體國人的健康。

#### 四、結論

運動能有效促進健康，更好的科技能帶來更便利的生活模式，提高我們的生活品質。老化既然是我們無法避免的過程，如何能「成功老化」是我們應該重視的問題。其中透過科技的輔助，讓老年人能延緩失能、失能者能重拾健康、照護者能減輕負擔。使復建、高齡運動更有效率是至關重要的事情。

如今，在科技已是顯學的當下，導入人工智慧、虛擬實境、物聯網等先進技術已不再是高階客戶的專利。而是走入居家生活。臺灣 2050 年後將有超過 40% 的高齡人口，其高齡運動市場必將進一步擴大。開發商將研發不同類型的產品、服務的開發應用，以滿足運動、健康促進、復建與慢性病等族群之需求。並適時透過政府資源的進入、宣傳，打造高齡運動科技永續的研發環境。



## 五、參考資料

網站資料：

adidas Training by Runtastic

取自：

<https://www.runtastic.com/>

CES 2024 Innovation award product. CES.

取自：

<https://www.ces.tech/discover/articles.aspx>

i 嘉科技運動會活動花絮

取自：

[https://health.chiayi.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=4614&s=775122](https://health.chiayi.gov.tw/News_Content.aspx?n=4614&s=775122)

WE-STIM 緊身褲

取自：

[https://www.ces.tech/innovation-awards/honorees/2024/honorees/we-stim-\(wearable-electric-stimulation\)-leggings.aspx](https://www.ces.tech/innovation-awards/honorees/2024/honorees/we-stim-(wearable-electric-stimulation)-leggings.aspx)

智慧可攜式虛實互動居家高球模擬器

取自：

[https://event.itri.org/CES2024/zh-TW/tech\\_detail/3/](https://event.itri.org/CES2024/zh-TW/tech_detail/3/)

智能運動地墊

取自：

<https://www.shennonacorp.com/stampede>

RINGOAL Home 好十肌

取自：

<https://www.goldensmarthome.com.tw/zh-tw/page-5109/RINGOAL-Home-%E5%A5%BD%E5%8D%81%E8%82>

[%8C.html](#)

雲林縣運動科技示範中心

取自：

<https://www.yuntech.edu.tw/index.php/2019-04-10-08-06-20/item/7941-go>

高齡音樂運動系統

取自：

<https://www.polyu.edu.hk/tc/ri/news/2023/20231204---polyu-researchers-innovative-music-therapy-system-for-older-adults-wins-ces-2024-award/>

參考文獻：

Robert J. Havighurst(1961). Successful Aging. *The Gerontologist*, 8-13.

國家發展委員會(2022)。中華民國人口推估 2022 年至 2070 年報告。

Frontiers, World Economic Forum(2023). *Top 10 Emerging Technologies of 2023*.

# 電輔車代謝當量控制技術

應用 MBD 技術開發電輔車控制系統輔助邏輯，建立電輔車之人、車、環境模型模組，可提供快速應用基礎，於邏輯開發過程中可立即驗證輸入、輸出或整體訊號之運作是否滿足要求，整合人因資訊，符合不同體能族群需求及以代謝當量 (MET) (單位：kcal/kg/hour) 之健康為訴求為目標需求，強度越高，消耗的能量越多，有助於健身和減肥，改善心理健康，具有科學化的訓練指標，確保騎乘健康效益。

文/電輔部 廖忠義 #503

## 一、前言

電動輔助自行車，除了代步工具外，更是騎乘健康之需求，本計畫透過代謝當量 (MET)，計算出運動時消耗的熱量，針對所需消耗熱量強度選擇 MET，轉換控制輸出為運動所需之功率，讓使用者能明確選擇自己所需要之運動強度。

以下透過 NSDB(Needs,Solution, Differentiation , Benefits)分析如圖 1，有別於一般電動輔助自行車控制方式之差異及效益。

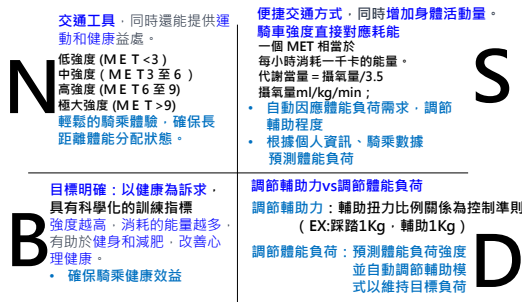


圖 1. 當量控制 (MET) NSDB(Needs, Solution, Differentiation , Benefits)分析

## 二、系統架構

應用 MBD(Model-Based Design)技術，整合人因資訊，符合不同體能族群需求，並以代謝當量 (MET) 為目標需求，設計符合目標輔助策略如圖 2。

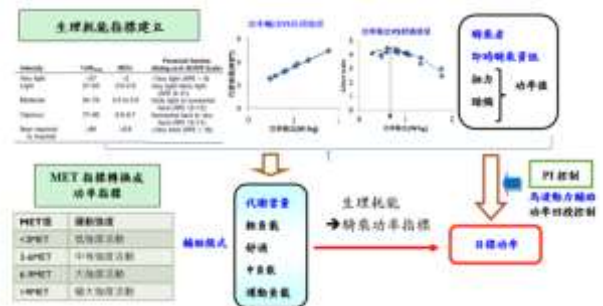


圖 2.以代謝當量 (MET) 為目標需求，設計符合目標輔助策略關係圖

電輔車以代謝當量為控制目標追隨的補助力控制方法以代謝當量作為預定騎乘體能消耗量之目標的基準，配合使用者選擇其體重及騎乘強度，而獲得該使用者預定的騎乘體能消耗量。計算使用者騎乘時輸出之功耗，並與預定的騎乘消耗量目標比較以進行迴授補償自行車電動機之補助力控制邏輯關係圖如圖 3。

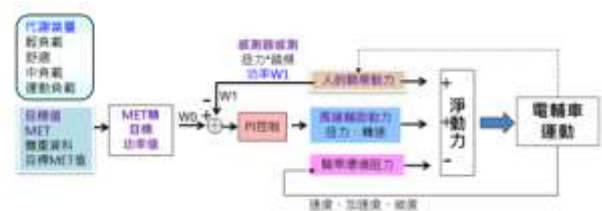


圖 3.控制邏輯關係圖

## 三、電輔車導入人因舒適化騎乘

導入人因舒適化騎乘之實驗歸納結果，以人體耗能之當量為指標，由軟體技術整合人因實驗、騎乘數據收集與解析，開發新的騎乘模



式，滿足騎乘者的運動與騎乘感受及使用者的騎乘體驗，精進 MBD(Model-Based Design)技術，完善電輔車輔助控制模型。

於電輔車之控制，結合人因之實驗結果，以代謝當量為控制目標進行追隨的補助力控制方法，使用者於設定模組設定輸入體重值及所需騎乘強度模式設定代謝當量目標，代謝當量目標乘以體重值以得到騎乘代謝消耗值，將騎乘代謝消耗值轉換為騎乘消耗功率，控制單元將扭力訊號及踏頻訊號轉換為踏力扭力值及踏頻轉數值，再依據計算出使用者的騎乘消耗功率值，當騎乘消耗功率值未達到騎乘消耗功率目標值時，則調整控制電動機進行回授調整，使補償功率加上騎乘消耗功率值等於騎乘消耗功率。

在人因實驗可發現代謝當量(MET)與人功率輸出(W/Kg)有線性關係如圖 4，人在不同的功率輸出也有不同的效率輸出。

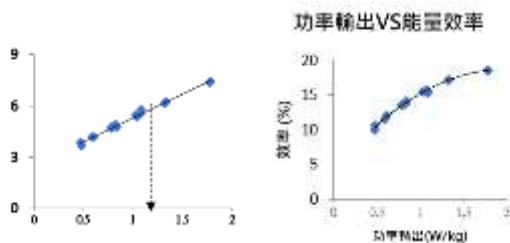


圖 4.代謝當量與人功率輸出關係圖

在不同的當量負載之下人的感受情況不同，利用生理的量測及感受的評估(李克特量表)，解析騎乘者的感受，建立人騎乘的舒適度指標。

Intensity	%HR <sub>max</sub>	METs	Perceived Exertion (Rating on 6-20 RPE Scale)
Very light	<57	<2	<Very light (RPE < 9)
Light	57-63	2.0-2.9	Very light-fairly light (RPE 9-11)
Moderate	64-76	3.0 to 5.9	Fairly light to somewhat hard (RPE 12-13)
Vigorous	77-95	6.0-8.7	Somewhat hard to very hard (RPE 14-17)
Near-maximal to maximal	≥96	≥8.8	≥Very hard (RPE ≥ 18)

Garber et al., 2011

圖5.負載當量文獻

功率輸出VS舒適感受

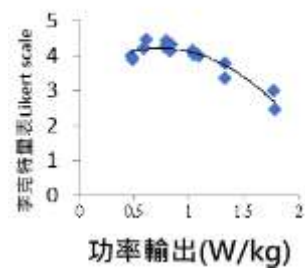


圖 6、功率輸出對應舒適感受

電輔車以代謝當量為控制目標追隨的補助力控制方法，以代謝當量作為預定騎乘體能消耗量之目標的基準，配合使用者選擇其體重及騎乘強度，而獲得該使用者預定的騎乘體能消耗量。計算使用者騎乘時輸出之功耗，並與預定的騎乘消耗量目標比較以進行迴授補償自行車電動機之補助力。

#### 四、代謝當量與舒適性資料

建立代謝當量舒適(MET)選擇:

MET 約在 4.7，推力比約 0.9~1 之間，為舒適騎乘區間，以體重 70Kg 計算，約 63W~70W 之間。

代謝當量與舒適性資料蒐集，自行車運動對人體生理代謝影響及耗氧關係。

攝氧量 ml/kg/min ;

攝氧量/3.5 = 代謝當量

以方程式方式呈現，考量人的年齡、運動條件，首先以國內青/中年通勤/休閒的使用者資料進行統計迴歸，以踏頻、功率等為變數，建立代謝當量函式。

MET 是一種衡量體內代謝率，即消耗的能量的單位，一個 MET 相當於每小時消耗一千卡的能量。

輔助函式庫輸入設定：身高、體重，算出 BMI 值，評斷體重屬於正常、過輕、超重或肥胖，輸入年齡、男、女，透過踩踏之踏頻、扭力，

計算推力比、功率後回算代謝當量。

其模型公式： $男女 * 0.633 + BMI * 0.139 + 年齡 * (-0.104) + 踏頻 * (0.139) + 推力比 * 10.528 = 攝氧量$   
 $ml/kg/min$  ;

$攝氧量 / 3.5 = MET$  (代謝當量)

### 五、MBD 代謝當量 ( MET ) 負載之控制選擇

代謝當量輸入設定(1)：身高、體重，算出 BMI 值， $BMI = 體重 (kg) / 身高 (m) 的平方$

Ex:  $70Kg / (1.735)^2 = 23.26$

- 體重過輕： $BMI < 18.5 (< 55Kg)$
- 體重正常： $18.5 \leq BMI < 24 (55kg \sim 75kg)$
- 體重過重： $24 \leq BMI < 27 (75kg \sim 90kg)$
- 輕度肥胖： $27 \leq BMI < 30 (90Kg \sim 105Kg)$
- 中度肥胖： $30 \leq BMI < 35 (105Kg \sim 120Kg)$
- 重度肥胖： $BMI \geq 35 (\geq 120Kg)$

-輸入(2)年齡、男、女，

-輸入(3)需求之 MET 值，算出推力比之需求值。

-建立代謝當量輕負載(MET)選擇:

-MET < 3，推力比 0.3 以下，以體重 70Kg 計算，約 21W。

-中負載(MET)選擇:

-MET 3 ~ 6，推力比 0.3 ~ 1.3，體重 70Kg，體重 70Kg，約 21W~91W 間

-重負載(MET)選擇:

-MET 6 ~ 9，體重 70Kg，推力比 91W~161W

Coefficients <sup>a,b</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	Gender	.633	.267	.023	2.374	.018
	Age	-.104	.020	-.160	-5.239	.000
	BMI	.139	.030	.175	4.685	.000
	Cadence	.139	.014	.406	9.783	.000
	NPower	10.528	.272	.576	38.765	.000

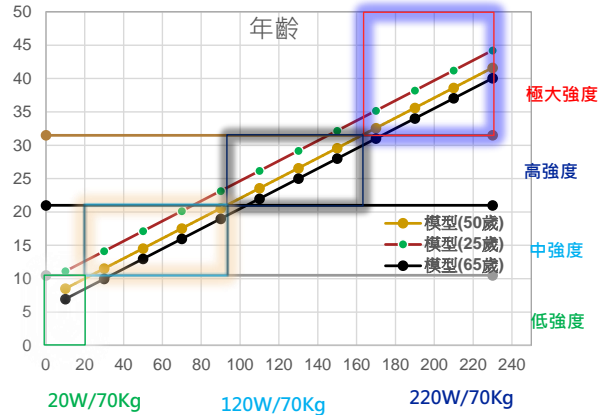


圖 6.不同年齡於不同推力比

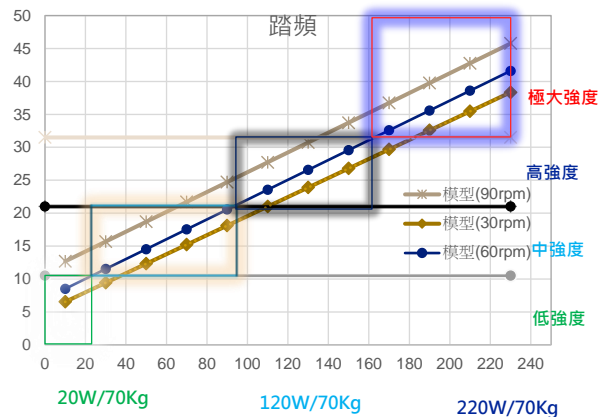


圖 7.踏頻 30、60 及 90rpm 於不同推力比

-低強度 (MET < 3) → 推力比 0.3 以下

-中強度 (MET 3 至 6) → 推力比 0.3 ~ 1.3

-高強度 (MET 6 至 9) → 推力比 1.3 ~ 2.3

-極大強度 (MET > 9) → 推力比大於 2.3

### 六、MBD 生理耗能控制模型，騎乘負載需求

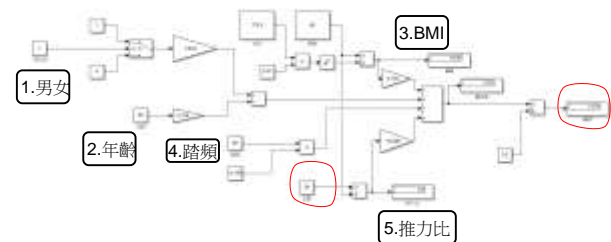


圖 8.建立 MBD 代謝當量騎乘負載之控制選擇

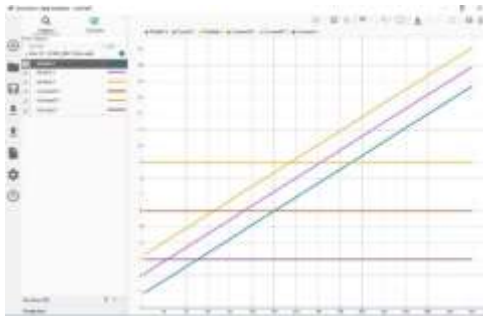


圖9. 不同踏頻30/60/90與推力比

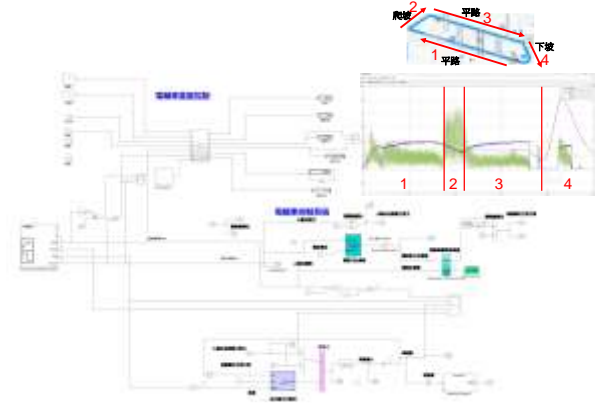


圖 12. 當量控制整合電輔車 Modle 控制

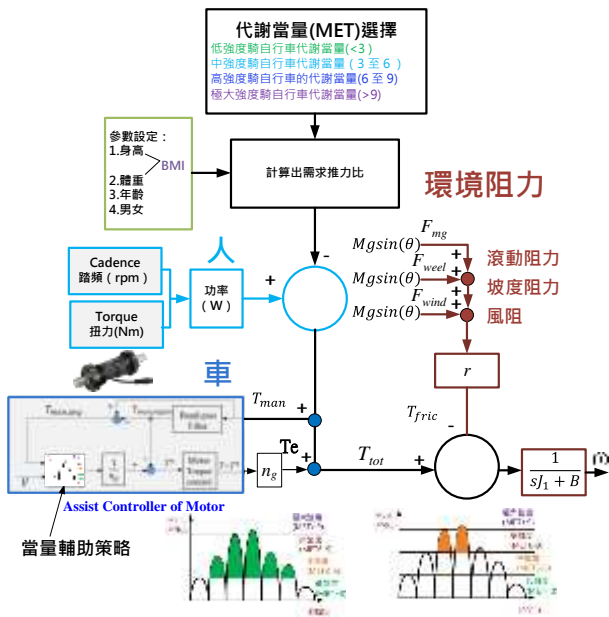


圖10. MET選擇及控制流程圖

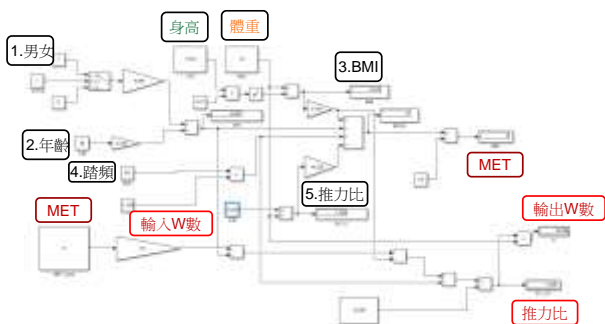


圖 11. MET 為目標需求之功率迴授輔助策略

建立電輔車 MBD 控制能量，包含輸入踏頻及扭力及代謝當量 (MET) 輔助策略，整合電輔車 Modle 控制。

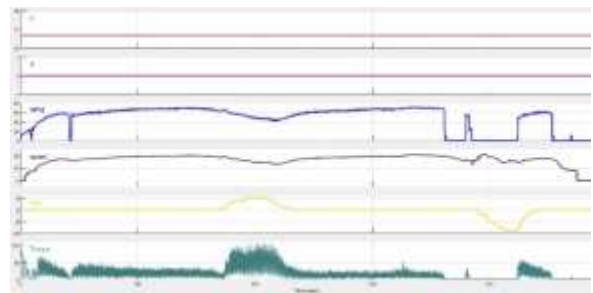


圖 13. 訊號輸入 ( 踏頻、車速、坡度及扭力 )



圖 14. 輸入之扭力/踏頻/功率

轉換成當量MET及推力比

純人力踩踏時，大於設定MET值時，都需由馬達輔助。

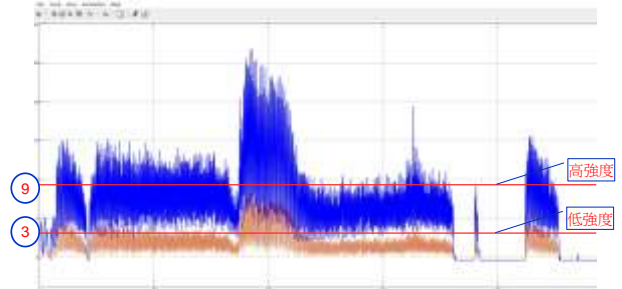


圖 15. 轉換成當量 MET 及推力比

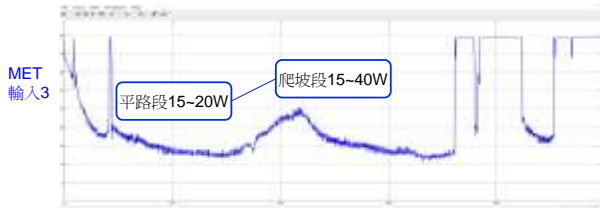


圖 16.MET 輸入 3 對應人需求之功率

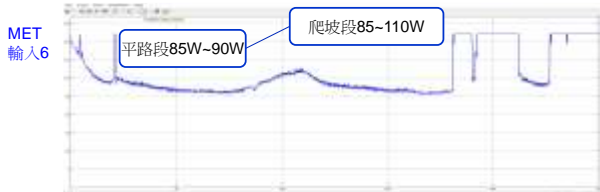


圖 17.MET 輸入 6 對應人需求之功率

### 七、機電整合

實車路試與代謝當量 (MET) 輔助策略比對

實車驗證：參數輸入及顯示介面

目前上控參數輸入及顯示介面已完成。

主要基本資料輸入，身高、體重、年齡，踏頻資料由實際偵測數值。

由輸入介面資料算出需求功率傳送至下控當追隨之目標值，追隨之目標會依MET選擇有所改變，目前MET值選擇由MET3~MET9



圖 18.輸入介面選擇男



圖 19.輸入介面選擇女



圖 20.控制當量選擇 3，目標功率/踩踏功率



圖 21.控制當量選擇 5，踩踏功率/輔助功率

### 八.代謝當量模式實車測試

當量建模：整合於電輔車騎乘模型，計算輸出。  
車錶輸入參數：騎乘者基本資料輸入，由實際偵測踏頻做即時當量數值計算。

輸入介面：資料算出需求功率傳送至下控當追隨之目標值，追隨之目標會依 MET 選擇及踏頻有所改變，目前 MET 值選擇由 MET3~MET9



圖 22.實車測試



圖 23.當量控制程式整合於控制器



圖 24.功率踏板資料擷取

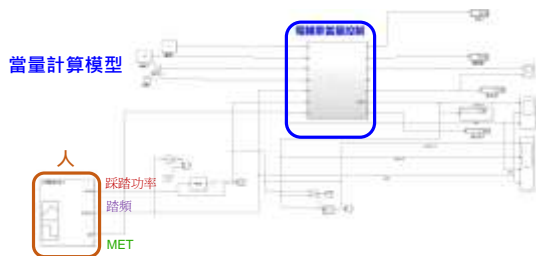


圖 25. MatLab 模型

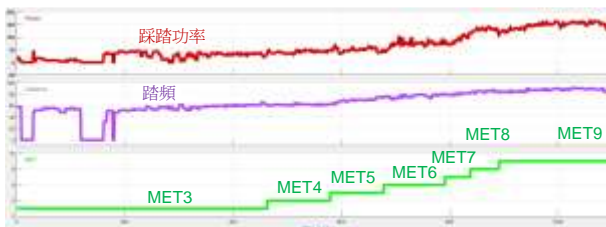


圖 26.實驗擷取之資料

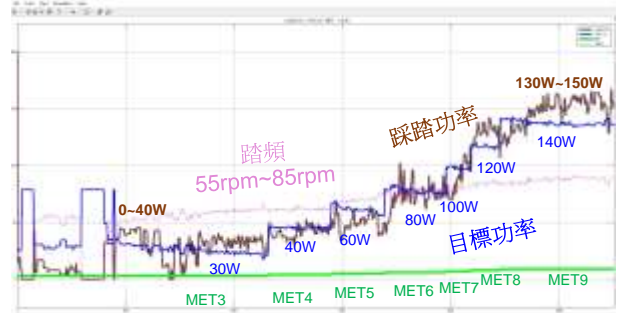


圖 27.目標功率與踩踏功率比對

- 資料擷取匯入 MatLab 模型，人輸入值（踩踏功率、踏頻及 MET 選擇）
- 當踏頻值與當量計算模型運作產生即時目標功率需求值
- 目標功率值與踩踏功率進行比對，比對結果，a 目標功率趨勢與踩踏功率趨勢接近

實車戶外騎乘測試：



圖 28.實車戶外騎乘測試

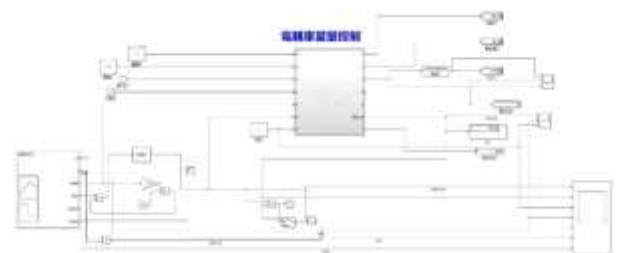


圖 29.實車戶外騎乘資料載入 MatLab 模型

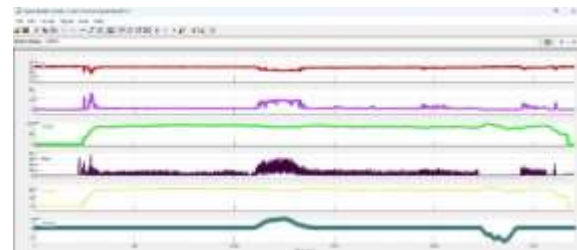


圖 30. MET3 騎乘資料載入

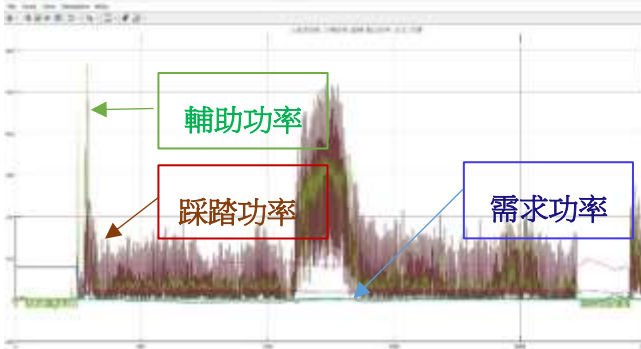


圖31.MET3騎乘模擬比對

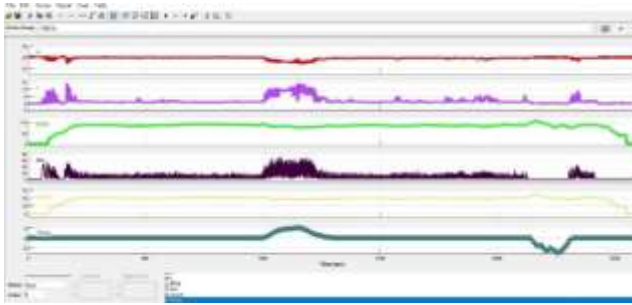


圖32.MET5騎乘資料載入

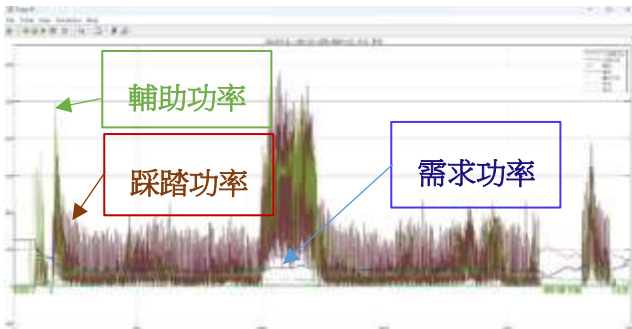


圖33.MET5騎乘模擬比對

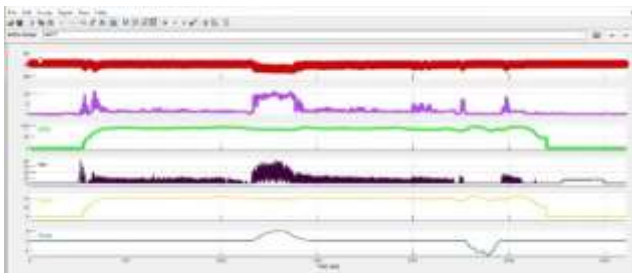


圖34.MET7騎乘資料載入

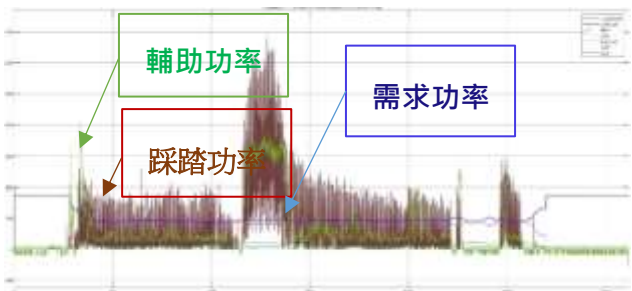


圖35.MET7騎乘模擬比對

◎由騎乘模擬比對結果，MET值設定小時，需

求功率小，但人踩踏功率大時，輔助功率就會大，由馬達幫忙輸出。

◎MET值設定大時，需求功率大，但人踩踏功率沒有大於需求功率時，輔助力不會開啟。

電輔車有輔助力上限值，一但頂到上限值，即會保持上限值輸出。

◎上控顯示表有 MET 需求功率對應值，騎乘時相互對應，讓使用者瞭解其對應關係。

整體來說，模擬值與實測量取之資料相近，此模組架構可持續推進發展，將導入新的控制模式並發展更進階的 MBD 技術，使進階控制技術更方便的導入應用。

## 九、結論

電輔車MBD整合技術之電輔車控制系統輔助邏輯開發：電輔車相較於其他電動交通工具，電輔車需整合人的騎乘動力輸入及馬達的輔助動力，其動力的輔助搭配情況影響著騎乘者的騎乘感受，為滿足騎乘者的騎乘需求，導入騎乘的人因技術，應用 MBD(Model-Based Design)技術建構電輔車相關次系統模型，以系統整合方式建構控制模型，模型建構完成可快速進行模擬、驗證，整合於控制器之控制邏輯，以提供騎乘者舒適的騎乘。

運用科技專案開發之電輔車智能化控制技術，整合人因實驗、騎乘數據收集與解析，可在軟體端建立電輔車之輔助驅動模型，導入騎乘之扭力比例控制模式，進行模擬、驗證、轉碼，提供踩踏策略與智慧換檔建議。開發以人生理反應為基礎之控制技術，滿足騎乘者的運動與騎乘感受，提高騎乘效率；整合電子內變速器開發智慧換檔，提供自動化的騎乘樂趣，再藉由騎乘數據回饋，開發自動調整輔助力個人化模式，以數位技術帶動三電系統再次升級。



電輔車以代謝當量為控制目標追隨的補助力控制方法，以代謝當量作為預定騎乘體能消耗量之目標的基準，配合使用者選擇其體重及騎乘強度，而獲得該使用者預定的騎乘體能消耗量。計算使用者騎乘時輸出之功耗，並與預定的騎乘消耗量目標比較以進行迴授補償自行車電動機之輔助力。

國外應用MBD方式進行相關設計及智慧化控制開發，可在模擬與實務中提早及減少錯誤發生，本計畫應用MBD設計模式，整合人因資訊，以代謝當量 ( MET ) 為目標需求，讓產品與扭力控制方式有所差異藉以提升國內產品競爭力。

國外大廠Bosch、Shimano等公司之配套系統持續的進行更新和推出新的配套系統提供給對應之車種使用，在電子電路面MCU、電容配置方式、功率電晶體等元件，在改版或新配套上也發現更新設計，以MCU為例新配套採用Arm 雙核心高時脈晶片，可進行更複雜的處理等，軟體面特別開發對應車種使用之控制模式，在關鍵零組件與電子變速器、電子避震器、ABS等結合。

中心執行計畫在硬體面建立有齒輪輕量化最佳化技術，控制器硬體也逐步更新，替換過MCU、選用耐電壓、電流功率電晶體、電路布置改進等，在軟體面也針對車種應用開發不同的控制模式如智慧調整輔助比例、巡航模式、與運動結合的代謝當量模式等，電子化零組件首先整合電子變速器，規劃電子避震器開發與整合。

在推動做法面，包含國內的一、二廠商，促成大型廠商台達電投入三電配套開發，中心

協助計畫執行，另外一些異業投入三電配套開發廠商進行合作，協助整合與部分組件開發。

## 十、參考文獻

1. 羅永昌，電機驅動控制實務，高立圖書，台北 (2018)
2. 劉昌煥，交流電機控制，第四版，東華書局，台北(2008)
3. 歐盟標準 prEN15194 : Cycles - Electrically power assisted cycles -EPAC Bicycles , 2015
4. 交通部電動輔助自行車及電動自行車安全檢測基準，2016.05
5. 台灣自行車產業標準 TBIS15194(FDTS) 電動輔助自行車安全規範，2016.12
6. 歐盟標準 prEN15194:Cycles- Electrically power assisted cycles -EPAC Bicycles , 2015
7. 交通部電動輔助自行車及電動自行車安全檢測基準，2016.05
8. 台灣自行車產業標準 TBIS15194(FDTS) 電動輔助自行車安全規範，2016.12
9. BLDC 直流無刷馬達的控制 (<https://www.renesas.com/tw/zh/support/technical-resources/engineer-school-tw/brushless-dc-motor-02-inverter-pmw-tw.html>)
10. 高效能 MCU 搭配 FOC 三相永磁馬達效益倍增 (<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/magazine/-Technology/AE0A0BF5E27E4B809AFA7429B4C6C60F>)
11. 自行車運動對人體生理代謝影響之研究 (黃裕哲\* 杜瑞澤)，2014
12. 代謝當量簡介 (江瑞坤、林名男、黃郁文)



## 專利公報 2024/04/01 ~ 2024/06/30

## 台灣 自行車專利

## 公告號 專利名稱

M657301	可限制傾斜角度的三輪車裝置及其後輪架結構
M657287	自行車燈具
M657256	簡便手持式 RFID 晶片計時系統
M657222	可單向旋轉及空轉的軸承結構
M657219	自行車之中置馬達傳動裝置
M657156	組合式車架
M657153	自行車前照燈系統
M657147	斷鏈器
M657100	非跨乘式電動車
M657093	改良搖臂承座的可調式座管
M657092	飛輪系統及健身車
M657088	磁性吸附儀錶
M657052	自行車擋泥板
M657037	花鼓組
M656993	可偵測鎖合狀態之掛鎖
M656959	自行車擋泥板支架 (二)
M656942	高效能發電機組
M656938	座墊安裝機構
M656929	行車記錄器及行車用安全帽
M656921	曲柄功率量測系統
M656880	自行車掛架
M656864	多元化系統共享租賃裝置
I846614	全景感知系統、方法及其非暫態電腦可讀取媒體
	PANOPTIC PERCEPTION SYSTEM, METHOD THEREOF AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE MEDIA
I846595	電動助力自行車的動力模組
	POWER MODULE OF ELECTRIC ASSISTED BICYCLE
I846567	運動器材的阻力調整裝置
I846552	動力傳動系統
	POWER TRANSMISSION SYSTEM
I846544	路面的平整度偵測方法、運算裝置及電腦可讀取媒體
	FLATNESS DETECTING METHOD OF ROAD, COMPUTING APPARATUS, AND COMPUTER-READABLE MEDIUM
I846480	自行車的輔助組件
	AUXILIARY COMPONENTS FOR BICYCLES
I846479	自行車的輔助組件
	AUXILIARY COMPONENTS FOR BICYCLES
I846478	燈號輔助裝置及其使用方法
	LIGHT SIGNAL INDICATING AUXILIARY DEVICE AND USING METHOD THEREOF
I846469	扶手機構和具有扶手機構的兒童車
	HANDRAIL MECHANISM AND BABY CARRIAGE INCLUDING THE SAME
I846390	自行車座墊袋
	BIKE SADDLE BAG
I846366	用於人力車輛的操作系統及電開關裝置
	OPERATING SYSTEM AND ELECTRICAL SWITCH DEVICE FOR HUMAN-POWERED VEHICLE
I846361	補胎接頭
I846206	儲能裝置、儲能裝置歷史使用資料同步系統與電子系統

	ENERGY STORAGE DEVICE, SYSTEM FOR SYNCHRONIZING HISTORICAL USAGE DATA OF ENERGY STORAGE DEVICES AND ELECTRONIC SYSTEM
I846197	座桿總成 (一)
	SEAT POST ASSEMBLY
I846167	自行車後飛輪
	BICYCLE REAR CASSETTE
I846122	高彈性的對話式掃碼系統、方法及其電腦可讀媒介
	FLEXIBLE CONVERSATIONAL CODE SCANNING SYSTEM, METHOD AND COMPUTER READABLE MEDIUM THEREOF
I846114	自行車座管總成
I846087	防遺留方法及設備、伺服器、系統和存儲介質、晶片系統
I846059	高適應性的自行車貫通軸
	HIGHLY ADAPTABLE BICYCLE THROUGH AXLE
I845939	車險理賠線上服務系統
I845928	雙缸連動剎車分配裝置及其系統
	DOUBLE CYLINDER INTERLOCKING BRAKE SYSTEM AND A DISTRIBUTOR THEREOF
I845924	自行車後鏈輪總成
	BICYCLE REAR SPROCKET ASSEMBLY
I845910	拓撲優化的部件設計
	TOPOLOGICALLY OPTIMIZED COMPONENT DESIGN
I845879	纖維強化複合材料
I845871	資料前處理方法與運動生理感測雷達
	DATA PRE-PROCESSING METHOD AND EXERCISE VITAL SIGNS RADAR
I845691	具有作用於衝擊吸收器之傾斜阻擋系統之滾動機動車輛
	ROLLING MOTOR VEHICLE WITH TILT-BLOCKING SYSTEM ACTING ON THE SHOCK ABSORBER
I845592	受光裝置及測距系統
I845586	外用劑、皮膚之紅外線防禦方法、皮膚之隔熱方法、皮膚之光老化抑制方法、皮膚溫度上升抑制方法、太陽光照射所引起之皮膚之疲勞抑制方法、皮膚中之活性氧產生抑制方法、及皮膚之紅外線防禦方法
I845561	壓力測量裝置
	PRESSURE MEASURING DEVICE
I845550	具有護鏈環及緊固元件之曲柄組
	CRANK SET WITH CHAIN GUARD RING AND FASTENING ELEMENT
I845547	感測器裝置、信號處理方法
I845525	樹脂組成物
I845517	受光元件及測距模組
I845480	含有山奈酚類似物之組成物
	KAEMPFEROL ANALOG-CONTAINING COMPOSITION
M656799	自行車訓練台
M656796	水上自行車
M656776	具角度矯正結構之避震座管結構
M656757	具有舒適性及減緩壓迫感的握把
M656754	固定架結構
M656751	可防滑的自行車踏板
M656744	車用減震式顯示器支架
M656738	單車包安裝架
M656733	折疊車架的折疊裝置及其與前叉豎管之總成
M656726	自行車鎖
M656711	自行車把手與龍頭一體成型結構
M656678	二輪車倍力摺疊中腳駐機構



M656648	背負式人行道路設施巡查系統	M656136	具發聲器之電子控制裝置
M656645	自行車停車架結構	I844482	電容器、半導體裝置、模組以及電子裝置的製造方法
M656613	自行車踏板		METHOD FOR FORMING CAPACITOR, SEMICONDUCTOR DEVICE, MODULE, AND ELECTRONIC DEVICE
M656523	輻條頭部強化結構	I844460	嬰兒汽車座椅系統
M656509	電動注油機結構		INFANT CAR SEAT SYSTEM
M656446	摩托車的盲點偵測器配置	I844445	動態調整阻力位的健身器材系統和方法
M656433	自行車快拆心軸結構改良		FITNESS EQUIPMENT SYSTEM AND METHOD FOR DYNAMICALLY ADJUSTING RESISTANCE LEVEL
I845452	運動裝置	I844394	電池管理的電子裝置
	EXERCISE DEVICE		ELECTRONIC DEVICE WITH BATTERY MANAGEMENT
I845424	心率偵測裝置及方法	I844346	扇葉的阻力調整方法
	HEART RATE DETECTING APPARATUS AND METHOD		METHOD FOR ADJUSTING RESISTANCE OF FAN BLADE
I845385	電動自行車	I844318	可調整之自行車車鈴
	ELECTRIC BIKE	I844314	自行車胎壓偵測裝置及製造方法
I845376	電動輔助自行車的踩踏力偵測機構		BICYCLE TIRE PRESSURE DETECTION DEVICE AND MANUFACTURING METHOD
I845372	馬達驅動裝置	I844283	自行車胎壓偵測器
	MOTOR DRIVING DEVICE		BICYCLE TIRE PRESSURE DETECTOR
I845348	鏈條拆卸工具及鏈條拆卸組成	I844229	輔助收折或展開手推車的車架的輔助機構和手推車
	CHAIN REMOVAL TOOL AND CHAIN REMOVAL COMPONENT		AUXILIARY MECHANISM FOR ASSISTING FOLDING OR UNFOLDING FRAME OF PUSH CART AND PUSH CART
I845340	具自動計算員工通勤破盤查功能之打卡系統及其流程	I844197	自行車用雙腳腳架及自行車
I845315	自行車踏板及自行車卡踏扣片		TWO-LEGGED STAND FOR BICYCLES, AND BICYCLE
	BICYCLE PEDAL AND BICYCLE CLEAT	I844164	利用飛輪陀螺運動效應以產生自主偏旋之健身娛樂裝置
I845314	自行車的馬達傳動裝置	I844113	嬰兒睡籃
I845283	自行車後變速器		BABY SLEEPING BASKET
	BICYCLE REAR DERAILLEUR	I844017	一體式車房座結構改良
I845271	半導體裝置和製造半導體裝置的方法	I843967	免電池旋轉檢測裝置
	SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME		BATTERY-FREE ROTATION DETECTING DEVICE
I845080	自行車用之平坦式安裝煞車卡鉗	I843924	人孔用鐵蓋的上鎖裝置
	FLAT MOUNT BRAKE CALIPER FOR BICYCLE	I843851	連接狀態偵測系統
I845019	便於整合內變速器之電磁輪齒馬達結構		CONNECTING-STATE DETECTION SYSTEM
I844956	自行車組件、無線傳輸裝置及操控裝置	I843833	自行車用後變速器
	BICYCLE ASSEMBLY, WIRELESS TRANSMISSION DEVICE AND OPERATING DEVICE		BICYCLE REAR DERAILLEUR
I844814	編織部件及製造一編織部件的方法	I843792	樹脂組成物
	KNITTED COMPONENT AND METHOD OF MANUFACTURING A KNITTED COMPONENT	I843784	雷射加工設備、與設備一起使用的控制器及非暫時性電腦可讀取媒體
I844757	追蹤生活足跡之系統及其方法		LASER-PROCESSING APPARATUS, A CONTROLLER AND A NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE MEDIUM FOR USE WITH THE LASER-PROCESSING APPARATUS
I844738	人力驅動車用之判別裝置及人力驅動車用的控制裝置	I843777	攝像元件及攝像元件之製造方法
I844734	用於量化會聚方向為基的射線分類之設備及方法以及機器可讀取媒體	I843744	半導體裝置
	APPARATUS AND METHOD FOR QUANTIZED CONVERGENT DIRECTION-BASED RAY SORTING AND MACHINE-READABLE MEDIUM	I843709	自行車、感測系統及用於監測環境參數之系統
I844717	鞋、用於運動鞋之內底及用於組裝鞋之方法		BICYCLE, SENSING SYSTEM, AND SYSTEM FOR MONITORING ENVIRONMENTAL PARAMETER
	SHOE, INSOLE FOR A SPORTS SHOE AND METHOD FOR ASSEMBLING A SHOE	M656089	電輔花鼓
I844667	人力驅動車用之輪殼		Electrically-assisted hub
I844650	樹脂組成物、硬化成形物、纖維強化塑膠成形材料及纖維強化塑膠	M656076	補胎工具收納盒
I844608	固體攝像裝置及電子機器		Tire repair tool storage box
I844563	攝像元件、半導體元件及電子機器	M656064	分離式儀表裝置
M656378	自行車水壺架		Split instrument device
M656363	自行車輪圈構造	M655953	自行車輪圈接合結構改良
M656351	座管		Improved bicycle wheel rim joint structure
M656260	車輛傾倒警示系統	M655939	電動助力自行車及其中置電機系統
M656240	便於拆裝電動自行車電池盒的改良結構		Electric power-assisted bicycle and mid-drive motor system thereof
M656217	便於拆裝電動自行車電池盒的結構	M655938	用於健身器材之阻力輪的阻力調整裝置
M656171	活塞釋放工具		



	RESISTANCE REGULATING DEVICE FOR RESISTANCE WHEEL OF FITNESS EQUIPMENT	1842697	用於生產交通工具座墊之公組件、對應的模具單元及方法
M655875	車把之結構 Handlebar structure		MALE COMPONENT, RESPECTIVE MOULD UNIT AND METHOD FOR PRODUCING A VEHICLE SADDLE
M655836	自行車防盜座椅裝置 Anti-theft seat device of bike	1842691	自行車曲柄總成 BICYCLE CRANK ASSEMBLY
M655815	可調整高度和轉向的連接裝置 Height and steering adjustable hitch	M655648	燃料泵模組之流道結構 Flow channel structure fuel pump module
M655776	方便調整流體壓力之升降座管 Liftable seat tube of conveniently adjusting fluid pressure	M655495	自行車的可調節坐墊結構 Adjustable seat cushion structure for bicycle
M655687	自行車停車架結構 Bicycle parking rack structure	M655477	可調節自行車土除接頭 Adjustable joint for bicycle fender
M655679	機械式調整座管 Mechanically adjustable seat tube	M655468	氫氣多級壓縮分配系統 HYDROGEN MULTI-STAGE COMPRESSION AND DISTRIBUTION SYSTEM
M655673	電動三輪車後懸配置 Rear overhang layout of electric tricycle	M655431	自行車擋泥板支架 (一) Bicycle fender frame
1843639	影像模組訓練方法與系統 IMAGE MODULE TRAINING METHOD AND SYSTEM	M655426	駐車架 Parking rack
1843596	補胎液組成物 TIRE SEALANT COMPOSITION	M655372	壓柄變距結構 Distance varying structure of press handle
1843559	自行車撥鏈器結構 BICYCLE DERAILLEUR STRUCTURE	M655371	隱藏式油壓剎車制動裝置 Hidden hydraulic brake device
1843534	引擎及具備其之跨坐型車輛 ENGINE AND STRADDLED VEHICLE INCLUDING SAME	M655370	油泵基體補油結構 Oil refilling structure of oil pump base body
1843448	可多向調整的電動自行車及其共享設備 MULTI-DIRECTION ADJUSTABLE ELECTRIC BICYCLE AND SHARING EQUIPMENT HAVING THE SAME	M655262	跨坐車輛把手結構 Handle structure of straddle type vehicle
1843339	自行車用之光電反射式速度感測器及其測速方法	M655254	鞋類製品、模組化鞋類及鞋類製品的配置組合 ARTICLE OF FOOTWEAR, MODULAR FOOTWEAR AND ARRAY OF ARTICLES OF FOOTWEAR
1843328	跨坐型車輛 STRADDLED VEHICLE	1842440	變速器握把
1843311	團體運動系統及團體運動中的個人運動難度控制方法	1842336	複合功能的自行車專用工具 BICYCLE SPECIAL TOOL WITH COMPOSITE FUNCTION
1843264	用於可交聯網絡的共聚物 COPOLYMER FOR CROSS-LINKABLE NETWORKS	1842246	自行車曲柄總成 BICYCLE CRANK ASSEMBLY
1843097	經封端之雙酚聚醚寡聚物及組成物、製造方法、及從其製得之物件 CAPPED BISPHENOL POLYETHER OLIGOMER AND COMPOSITION, METHOD OF MANUFACTURE, AND ARTICLES MADE THEREFROM	1842202	用於自行車之座桿總成 SEAT POST ASSEMBLY FOR BICYCLE
1843089	自行車變速器 BICYCLE DERAILLEUR	1842176	交流及直流電源轉換設備 POWER CONVERSION DEVICE FOR AC AND DC
1843067	人力驅動車輛用控制裝置	1842096	電動機車慣性感測裝置
1842953	自行車撥鏈器系統及與自行車撥鏈器系統搭配使用之方法 BICYCLE DERAILLEUR SYSTEM AND METHOD FOR USE WITH A BICYCLE DERAILLEUR SYSTEM	1842039	引擎散熱用的導風罩
1842952	攝像裝置	1842028	自行車組件配對方法及自行車控制系統 PAIRING METHOD FOR BICYCLE ASSEMBLY AND BICYCLE CONTROL SYSTEM
1842948	促進矩陣乘法運算的裝置、方法及硬體加速器 APPARATUS, METHOD TO FACILITATE MATRIX MULTIPLICATION OPERATIONS AND HARDWARE ACCELERATOR	1842020	定心環與降低定心環的至少一個薄壁區域之破損風險的方法
1842938	具有可以引導空氣以冷卻使用者之阻力風扇的運動機 EXERCISE MACHINES HAVING A RESISTANCE FAN THAT DIRECTS AIR FOR COOLING A USER	1841974	半導體裝置 SEMICONDUCTOR DEVICE
1842804	受光元件、固體攝像裝置及測距裝置	1841971	認證系統、認證方法及程式產品
1842801	輪轂	1841935	車輛及控制裝置
1842757	固體攝像元件及攝像裝置	1841873	用於能量採集技術之自行車組件及電池組充電系統 BICYCLE COMPONENT FOR ENERGY HARVESTING AND BATTERY CHARGING SYSTEM
1842753	驅動鏈系統 DRIVE CHAIN SYSTEM	1841855	複合式熱可塑性膜及其製造方法 COMPOSITE THERMOPLASTIC FILM AND THE MANUFACTURING METHOD THEREOF
1842698	自行車鏈輪 BICYCLE SPROCKET	1841782	人力驅動車用曲柄組件
		1841779	人力驅動車用之控制裝置



I841648	用於特別是自行車的人力車輛之操作裝置、及含有該操作裝置之操作單元	I840600	室內固定自行車裝置
	AN OPERATING DEVICE FOR A HUMAN POWERED VEHICLE, PARTICULARLY A BICYCLE AND AN OPERATING UNIT COMPRISING SAID OPERATING DEVICE		STATIONARY INDOOR BICYCLE DEVICE
I841578	自行車用鏈條	I840501	崩潰光二極體感測器及測距裝置
I841547	自行車輪轂	I840483	信號處理方法及攝像裝置
	BICYCLE HUB	I840467	電池安全監測方法及裝置、電子裝置及存儲介質
M655223	防滯眼鏡		METHOD AND DEVICE FOR DETECTING SAFETY OF BATTERY, ELECTRONIC DEVICE AND STORAGE MEDIUM
	Anti-slipping eyeglasses	I840456	光檢測裝置、光檢測裝置之控制方法及測距裝置
M655211	太陽能電池封裝結構	I840454	攝像裝置
	Solar cell package structure	I840429	積層型受光感測器及電子機器
M655195	中軸	I840392	光電轉換元件、固體攝像裝置及電子裝置
	Central axle	I840391	攝像元件及攝像裝置
M655190	未領牌新車自助登檢系統	I840389	半導體裝置
	Unlicensed new car self-service inspection registration system	I840387	固態攝像元件、固態攝像裝置及固態攝像元件之讀出方法
M655157	易於拆裝頂架單元的承載裝置	I840384	攝像裝置及電子機器
	Easy-to-disassemble/assemble carrying device for top rack unit	I840383	固體攝像裝置
M655155	車輛升降座管	I840361	固態攝像元件、攝像裝置及固態攝像元件之控制方法
	Vehicle liftable seat tube	I840357	液壓裝置
M655125	自行車的車頭碗裝置		HYDRAULIC DEVICE
	Headset joint bowl device of bike	M654707	光伏電池封裝結構
M655046	自行車握把內置號碼鎖		Photovoltaic battery packaging structure
	Built-in combination lock in bicycle handle	M654691	可調整高度的自行車維修架
M655001	具偵測空氣功能的電動自行車		Height-adjustable bicycle repair stand
	Electric bicycle with air detection function	M654561	無鏈式複合電力電動腳踏車
M654947	結合無人飛行器系統之自行車手把		CHAINLESS COMPOUND POWER ELECTRIC BICYCLE
	Bicycle handlebars integrated with unmanned aerial vehicle system	M654456	便攜健身器
M654851	切換式電容電池平衡電路及包含其之儲電裝置		Convenient and portable fitness equipment
	Switched capacitor battery balancing circuit and power storage device including same	M654389	自行車兒童座椅之測試裝置
M654844	自行車的轉向結構		TESTING DEVICE OF CHILD SEAT FOR BICYCLE
	Bicycle steering structure	M654268	健身車飛輪助動暨阻力裝置
M654814	童車式輕便代步車		Flywheel assist and resistance device of exercise bike
	Toddler bike type light mobility scooter	I840278	自行車後變速器
I841507	可調鋼索鎖具結構		BICYCLE REAR DERAILLEUR
	A LOCK WITH ADJUSTABLE CABLE	I840274	應用於腳踏裝置之復健用腳踏板
I841498	自行車把手之製造方法及使用該製造方法之製品	I840253	可雙向調整長度之插扣式快拆
	MANUFACTURING METHOD OF BICYCLE HANDLE AND PRODUCTS USING THE MANUFACTURING METHOD	I840229	照明模組
I841445	記憶號碼鎖		ILLUMINATION MODULE
I841444	記憶號碼鎖	I840187	碳纖維幅條的製造方法
I841370	具有玻璃振膜音響的二輪載具		MANUFACTURING METHOD OF CARBON FIBER SPOKE
	TWO-WHEEL VEHICLE WITH GLASS DIAPHRAGM SOUND SYSTEM	I840186	更新運動機器系統中帶有不規則標誌的排行榜的方法
I841286	自行車座墊		METHOD OF UPDATING LEADERBOARD WITH IRREGULARITY FLAGS IN AN EXERCISE MACHINE SYSTEM
I841133	避震升降機構及自行車	I840168	可升降之自行車座墊結構
	SHOCK ABSORBING AND STRETCHABLE MECHANISM AND BICYCLE		BICYCLE SEAT ADJUSTING STRUCTURE
I840948	自行車用收納裝置	I840107	腳踏車及其電子自行車系統
	STORAGE DEVICE FOR BICYCLE		BICYCLE AND ITS ELECTRONIC DRIVING OPERATION SYSTEM
I840830	一種交通信號燈識別方法、裝置、電子設備及存儲介質	I840023	助力裝置及其控制方法
	A TRAFFIC LIGHT IDENTIFICATION METHOD, DEVICE, ELECTRONIC DEVICE AND STORAGE MEDIUM		POWER ASSISTANCE DEVICE AND CONTROL METHOD THEREOF
I840761	具有長短棘爪之花鼓	I839935	自行車變速器
	HUB WITH PAWLS OF VARIOUS LENGTHS		DERAILLEUR OF BICYCLE
I840701	氟橡膠交聯用組成物及成形品	I839826	電動輔助自行車之管理系統及其管理方法
			ELECTRIC ASSISTED BICYCLE MANAGEMENT SYSTEM AND MANAGEMENT METHOD THEREOF
		I839743	電動載具供電裝置及潛在供電失效偵測方法
			ELECTRIC-CARRIER POWER-SUPPLY DEVICE AND METHOD FOR DETECTING POTENTIAL POWER FAILURE



I839689	無線充電裝置及具有該裝置的電動車 WIRELESS CHARGING APPARATUS AND ELECTRIC VEHICLE HAVING THE SAME	M653893	用於自行車或手臂鍛練器之可二或三向切控變換裝置 Two- or three-way switching control device for bicycle or arm exerciser
I839655	服裝製品及製造服裝製品的方法 ARTICLE OF APPAREL AND METHOD OF MANUFACTURING AN ARTICLE OF APPAREL	I839319	腳踏車的影像共享系統及影像共享方法 IMAGE SHARING SYSTEM AND IMAGE SHARING METHOD FOR BYCICLE
I839653	測定裝置及測距裝置	I839255	運動模式監控系統 EXERCISE MODE MONITORING SYSTEM
I839646	測定裝置及測距裝置	I839245	一種自動地可傾斜車輛 AN AUTOMATICALLY TILTABLE VEHICLE
I839629	電子後視鏡系統及其顯示方法	I839154	能夠適用不同結合結構行李包之行李架 LUGGAGE RACK FOR VARIOUS LUGGAGE BAGS WITH DIFFERENT ATTACHMENT STRUCTURES
I839546	用於鏈輪承載體的配接器，及用於自行車後輪的鏈輪承載套件 ADAPTER FOR A SPROCKET-CARRYING BODY, AND SPROCKET-CARRYING SET FOR A BICYCLE REAR WHEEL	I839140	隨動式多功能地面步行復健裝置 MOBILE MULTIFUNCTIONAL GROUND WALKING REHABILITATION DEVICE
I839545	用於自行車後輪的變速盤和子組件 COGSET AND SUB-ASSEMBLY FOR BICYCLE REAR WHEEL	I839133	浮動卡鉗轉接座 CALIPERS ADAPTER
I839501	具有傾斜鎖定裝置的傾斜機動車輛 TILTING MOTOR VEHICLE WITH TILTING LOCKING DEVICE	I839049	自行車輪殼總成 BICYCLE HUB ASSEMBLY
I839498	用於同軸安裝之電動機械後變速器 ELECTROMECHANICAL REAR DERAILLEUR FOR COAXIAL MOUNTING	I839041	驅動裝置以及電動車輛
I839482	自行車鏈輪配置 BICYCLE SPROCKET ARRANGEMENT	I839013	鎖定機構和具有鎖定機構的兒童車 LOCKING MECHANISM AND CHILD STROLLER INCLUDING THE SAME
I839421	成像元件及電子裝置 IMAGING ELEMENT AND ELECTRONIC APPARATUS	I838938	連接器及設備 CONNECTOR AND APPARATUS
I839366	固體攝像元件及電子裝置	I838930	自行車組件的配對方法及控制系統 PAIRING METHOD AND CONTROL SYSTEM FOR BICYCLE ASSEMBLY
I839338	電池管理系統、管理伺服器、電腦程式、電池管理方法	I838923	感光性組合物之用途、硬化物形成方法、硬化物、感光性接著劑及被接著面之接著方法
M654226	戰時人道保護裝置 Wartime humanitarian protection device	I838910	電動腳踏車之可調式避震器的控制系統 CONTROL SYSTEM OF ADJUSTABLE SHOCK ABSORBER OF ELECTRIC BICYCLE
M654164	三切變換腳踏車之室內外多功能自行車 Three-switching pedal for indoor and outdoor multifunctional bicycle	I838875	自行車防鎖死煞車裝置的控制方法 CONTROL METHOD FOR BICYCLE ANTI-LOCK BRAKE DEVICE
M654157	電動升降座管 Electric lifting seat tube	I838871	自行車車頭碗之內走線防水結構
M654139	自行車發光系統 Bicycle lighting system	I838784	傾斜車輛行車資料處理裝置
M654113	助動馬達與助動車 POWER ASSISTED MOTOR AND POWER ASSISTED BICYCLE	I838783	微生物抑制裝置 MICROBIAL INHIBITION DEVICE
M654059	輻條連接結構 Spoke connection structure	I838714	內變速器變速融合的驅動機構
M654031	可提升結構強度之自行車座管 Bicycle seat tube capable of improving structural strength	I838662	電動載具 ELECTRIC VEHICLE
M654002	可調式座管 Adjustable seat tube	I838656	用於處理食物外送資訊之電子設備及其方法 ELECTRONIC APPARATUS FOR PROCESSING INFORMATION FOR FOOD DELIVERY AND METHOD THEREOF
M653966	伸縮桿結構及自行車 TELESCOPIC POST STRUCTURE AND BICYCLE	I838655	具有一第一表面及一相對的第二表面的針織部件、包括針織部件的鞋類製品及服飾製品、針織部件的製造方法、及鞋類鞋面的針織製品 KNITTED COMPONENT HAVING A FIRST SURFACE AND AN OPPOSITE SECOND SURFACE, ARTICLE OF FOOTWEAR AND ARTICLE OF APPAREL COMPRISING KNITTED COMPONENT, METHOD OF MANUFACTURING KNITTED COMPONENT, AND KNITTED ARTICLE OF FOOTWEAR UPPER
M653965	伸縮桿結構與自行車 TELESCOPIC POST STRUCTURE AND BICYCLE	I838550	傾斜車輛
M653958	騎乘疲勞分析系統 SYSTEM FOR ANALYZING RIDING FATIGUE	I838535	傳動帶
M653957	女性專用自行車之車架結構 Frame structure of bicycle designed for women	I838498	保護元件 PROTECTION ELEMENT
M653955	模組式油壓煞車器位置感應結構 Modular hydraulic brake position sensing structure	I838411	自行車鏈條
M653950	智慧工作牌管理系統 SMART WORK BADGE MANAGEMENT SYSTEM		
M653909	快拆連接器 Quick release connector		



	BICYCLE CHAIN	I838102	物品的包覆材及其包裝方法
I838395	用於提供至目的地之路線的導航裝置、方法及非暫時性電腦可讀媒體		SHEATHING MATERIAL FOR OBJECTS AND METHOD FOR BUNDLING OBJECTS BY USING THE SAME
	NAVIGATION DEVICE, METHOD AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE MEDIUM FOR PROVIDING ROUTE TO DESTINATION	I838001	自行車變速器
I838375	固體攝像元件、攝像裝置及固體攝像元件之控制方法		BICYCLE DERAILLEUR
I838364	操作裝置及煞車系統	I837949	應用於自行車之測速裝置及其測速方法
M653855	碟盤	I837766	為確定運送中介服務中的運送費用提供資訊之方法、及執行該方法之伺服器/非暫時性電腦可讀儲存媒體
	Disk		METHOD FOR PROVIDING INFORMATION FOR DETERMINING DELIVERY FEE IN SERVICE ON DELIVERY INTERMEDIATION, AND SERVER/NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM FOR PERFORMING THE METHOD
M653842	限制轉向之車頭碗組	I837725	應用語音控制慢車之控制系統
	Headset joint bowl assembly for restricting steering	I837721	花鼓組件半成品的製造方法、花鼓組件的製造方法及模具
M653811	電池柱及其載具	I837684	認證系統、認證方法及程式產品
	Battery pole and carrier therefor	I837629	步態障礙的多光譜影像評估分析系統與靜壓水療鍛鍊裝置
M653785	自行車腳架結構改良		MULTISPECTRAL IMAGE ASSESSMENT AND ANALYSIS METHOD FOR GAIT DISORDERS AND STATIC-PRESSURE HYDROTHERAPY EXERCISE DEVICE
	Improved bicycle kickstand structure	I837598	來令片一體式散熱鰭片結構
M653709	可旋轉固定裝置	I837579	自行車操作裝置
	Rotating and fixing apparatus	I837571	用於自行車之剎車系統
M653708	卡合固定裝置		BRAKING SYSTEM FOR A BICYCLE
	Locking and fixing device	I837512	塗覆液組成物、附塗覆膜之基材、分隔膜、二次電池及電極材料
M653644	自動報警安全帽	I837461	聚酯樹脂及其製造方法
	Automatic alarm safety helmet		POLYESTER RESIN AND THE MANUFACTURING METHOD THEREOF
M653626	平衡水球	I837336	氯化氫乙烯系樹脂
	BALANCE WATER BALL	I837280	光檢測裝置及電子機器
M653542	復健運動器材之智慧輔具	I837273	固態攝像元件及攝像裝置
	Smart assistive device for rehabilitation exercise equipment	I837245	攝像裝置
M653535	憑證辨識裝置	I837238	共用車停車裝置及故障報修方法
	CERTIFICATE IDENTIFICATION DEVICE		PARKING DEVICE AND METHOD FOR REQUESTING REPAIR OF SHARING VEHICLES
M653532	用於夾持手機的車載支架	I837199	利用補充上行鏈路的波束故障恢復
	Vehicle-mounted mobile phone holder		BEAM FAILURE RECOVERY WITH SUPPLEMENTARY UPLINK
M653511	自行車握把龍頭的雙層式線材隱藏結構	I837162	固態攝像裝置及電子機器
	Double-layer wire hidden structure of bicycle handlebar faucet	I837146	自行車的轉向系統和前叉之間的固定裝置
M653491	伸縮桿結構		FIXING ARRANGEMENT BETWEEN A STEERING SYSTEM AND THE FORK OF A BICYCLE
	TELESCOPIC POST STRUCTURE	I837145	用於設置在自行車的轉向頭管內之懸吊系統
M653476	用於輪轂馬達的固定裝置		A SUSPENSION SYSTEM FOR ARRANGEMENT WITHIN A STEERING HEAD TUBE OF A BICYCLE
	Fixing device for hub motor	I837140	受光元件及測距模組
M653454	電機及電動載具	I837113	電池保持座
	ELECTRIC MOTOR AND ELECTRIC VEHICLE	D231787	電動自行車之鏈盤蓋
M653453	電機及電動載具		CHAIN COVER FOR ELECTRIC BICYCLE
	ELECTRIC MOTOR AND ELECTRIC VEHICLE	D231786	電動自行車之馬達蓋
M653419	按把結構		MOTOR COVER FOR ELECTRIC BICYCLE
	Pressing handle structure	D231785	電動自行車之部分
M653408	自行車花鼓結構		A PORTION OF AN ELECTRIC BICYCLE
	Bicycle hub structure	D231784	電動自行車之車架
M653371	健身工作桌		FRAME OF ELECTRIC BICYCLE
	BIKE DESK	D231764	頭盔之部分
I838250	智慧型食物熱量計算裝置		HELMET
	INTELLIGENT FOOD CALORIE CALCULATION DEVICE	D231696	輪胎 ( 2 9 9 )
I838241	針對電動助力自行車之自動控制系統及方法		TIRE (299)
	AUTOMATIC CONTROLLING SYSTEM AND METHOD FOR ELECTRIC ASSISTED BICYCLE	D231562	手機支架
I838223	用於自行車輪組的花鼓		
I838210	自行車鏈條滾子及自行車鏈條		
	BICYCLE CHAIN ROLLER AND BICYCLE CHAIN		
I838156	一種偵測障礙物狀態系統及其運作方法		
	A SYSTEM FOR DETECTING OBSTACLE STATE AND THE METHOD THEREOF		



	MOBILE PHONE HOLDER
D231528	電腦程式產品之圖形化使用者介面
	GRAPHICAL USER INTERFACE OF COMPUTER PROGRAM PRODUCT
D231527	電腦程式產品之圖形化使用者介面
	GRAPHICAL USER INTERFACE OF COMPUTER PROGRAM PRODUCT
D231526	電腦程式產品之圖形化使用者介面
	GRAPHICAL USER INTERFACE OF COMPUTER PROGRAM PRODUCT
D231525	電腦程式產品之圖形化使用者介面
	GRAPHICAL USER INTERFACE OF COMPUTER PROGRAM PRODUCT
D231463	眼鏡
D231054	自行車的座管
D230910	自行車之圖形化使用者介面
D230909	自行車之圖形化使用者介面
D230908	自行車之圖形化使用者介面
D230907	自行車之圖形化使用者介面
D230804	自行車輪胎之胎面帶
	TREAD BAND OF A TYRE FOR BICYCLE
D230795	自行車用骨架
	BICYCLE FRAME
D230736	手機支架
D230693	自行車踏板
	PEDALS FOR CYCLES
D230666	散熱來令片
D230631	杯架
	CUP HOLDER