

# 健身踏步車驅動機構設計

徐煒峻<sup>1</sup>、張朝翔<sup>1</sup>、張承濬<sup>1</sup>、陳宏旻<sup>1</sup>、賴柔雨<sup>2</sup>

<sup>1</sup>吳鳳科技大學機械工程系

<sup>2</sup>彰化師範大學工業教育與技術研究所

**摘要：**本研究之產品主要針對市面上腳踏車之改良設計，除了有休閒功能外更加強了健身的效果，因此融合腳踏車與健身車的新型踏步車，因此本研究之目的在於把將運動與腳踏車結合所做最佳化的設計，可使腳踏車在轉換動力時有最好的效率，讓騎車者施力時可以達到最好的效果。本研究的方法是利用機構學向量迴路法將簡化連桿機構進行運動分析，並針對此機構之各桿件之相對尺寸關係作研究，以期能設計出一組更好的機構尺寸來達到騎乘最佳的效果。

**關鍵詞：**腳踏車，踏步車，健身車，運動分析

**Abstract：** The research is focused on the design of steps vehicle which combines the function of fitness with the common requirement of a bicycle for having fun in leisure. The purpose of this study tries to achieve a better transmission of the drive mechanism. This can save more energy for people to drive it. The vector loop method is employed to analyze the kinematics of the drive mechanism and the study on the synthesis of linkage lengths is used to determine the better choice of the sizes to make it more comfortable while people are driving steps vehicle.

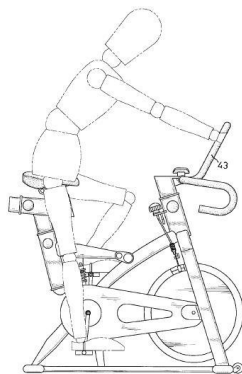
**Keywords:** bicycle, steps vehicle, fitness vehicle, kinematic analysis.

## 壹、前言

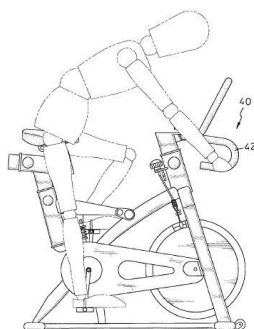
本研究主要是針對一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步車，為了改善目前一般市場上的腳踏車的施力方式，所以先針對目前專利上有一些新設計作檢索，有關於健身車的設計有2003年蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車[1]如圖一及圖二所示，主要是可以讓騎士可以採用一般舒適的方式或是採用跑車的騎乘方式，提供了兩種不同的選擇。2008年謝文秀設計出之健身腳踏車[2]，亦可以提供騎乘者兩種不同的姿勢來騎乘如圖三及圖四所示。2010年，王木枝便設計出具騎馬效果的腳踏車[3]如圖五所示，其具騎馬的效果主要是由，該前輪與後輪的輪輻上更分別具有一沿著軸向向外凸伸的定位部，每一個偏心調整單元包含一調整架、二導桿及複數個螺桿與螺帽，該調整架位於前、後輪輪輻的一側，並與該滑動件固定，各該導桿自該調整架向外延伸並利用螺帽鎖固於前述定位部上，該滑動件嵌合於前述滑槽，以藉由螺桿將調整架鎖固在前、後輪輪輻上。同年，張阿蘭亦設計出具扭擺踩動效果之橢圓踏步機[4]如圖七，



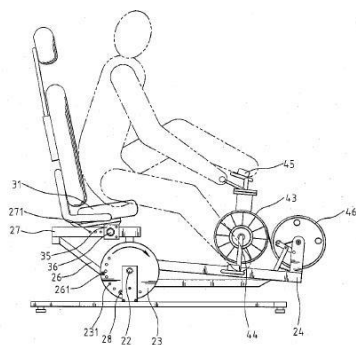
由圖八之上視圖可以看出其具扭擺踩動效果之機構。由以上的專利設計可以了解目前的專利設計對著墨在腳踏車與健身車的結成品尚不多，為了讓健身車使用時可以得到移動的快感，將兩者的結合設計可以得到雙重的效果，將此設計製作結果攝影如圖九所示。



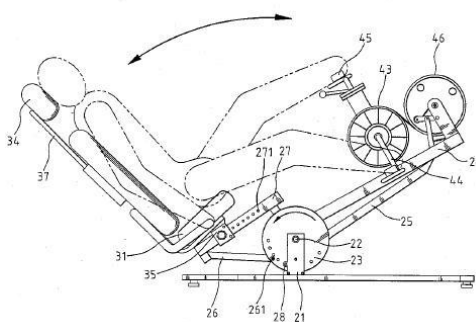
圖一、蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車示意圖[1]



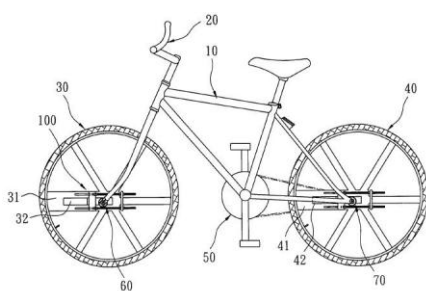
圖二、蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車另一坐姿示意圖[1]



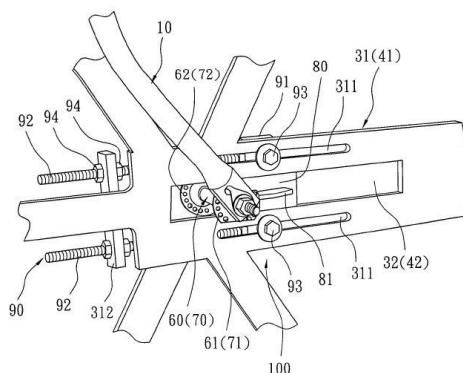
圖三、謝文秀所設計之健身腳踏車示意圖[2]



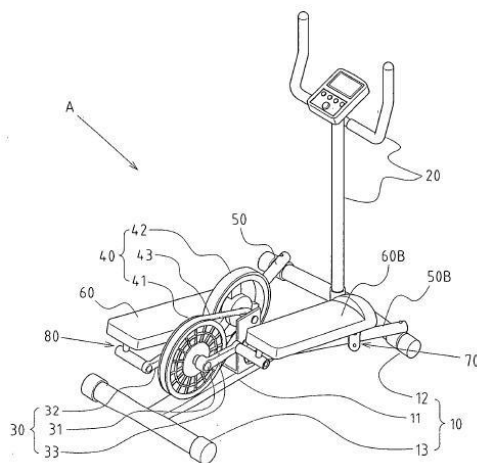
圖四、謝文秀所設計之健身腳踏車躺式示意圖[2]



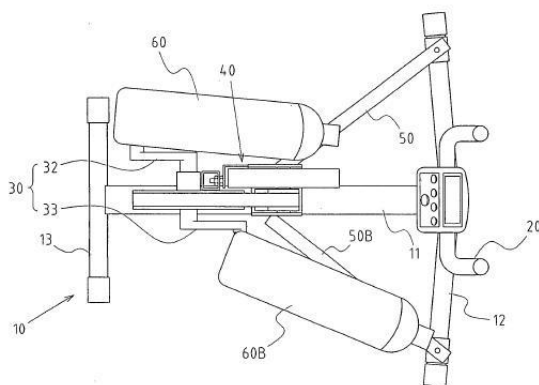
圖五、王木枝所設計之具騎馬效果的腳踏車示意圖[3]



圖六、居部機構示意圖[3]



圖七、張阿蘭所設計之具扭擺採動效果之橢圓踏步機示意圖[4]



圖八、橢圓踏步機上視簡圖[4]



圖九、踏步車之實車完成圖

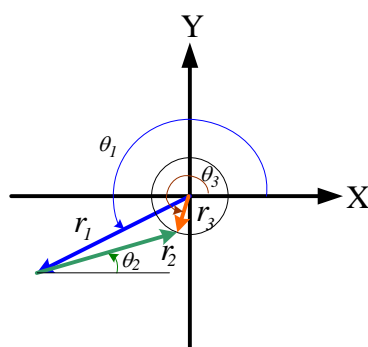
### 貳、驅動機構尺寸角度分析

首先利用向量迴路法[5]來分析此驅動機構，將此部份局部放大如圖十所示，由圖中可以看到  $r_1$  是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的圓心的距離，由  $r_1$  的固定點並且到滑塊的距離為  $r_2$ ，此時假設可知  $r_2$  的距離是可變化的，大齒輪的半徑為  $r_3$ ，大齒輪的圓心做為 X 軸與 Y 軸的原點 0，此時便可以簡化成圖十一，圖上的角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  與  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  用位置分析的方法便可以列出下列之向量迴路方程式：

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 - \vec{r}_3 = 0 \quad (1)$$



圖十、驅動機構圖



圖十一、向量迴路示意圖



將以上的方程式之 X 及 y 方向之分量分別列出便可以得到下列之方程式：

$$r_1 \times \sin \theta_1 + r_2 \times \sin \theta_2 = r_3 \times \sin \theta_3 \quad (2)$$

$$r_1 \times \cos \theta_1 + r_2 \times \cos \theta_2 = r_3 \times \cos \theta_3 \quad (3)$$

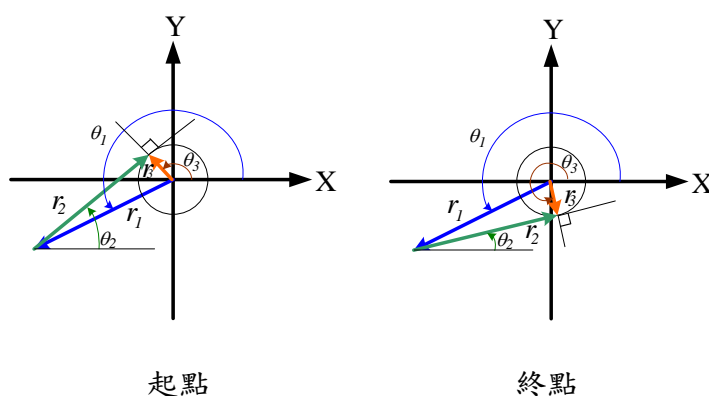
$r_1$  是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的圓心的距離，因此  $r_1$  及  $\theta_1$  為一已知值， $r_2$  為由  $r_1$  的固定點到滑塊的距離， $r_2$  的大小及其角度  $\theta_2$  是可變化的， $r_3$  為大齒輪的半徑，因此  $r_3$  的大小是固定的，但  $r_3$  的角度  $\theta_3$  是可變化的，整理可以知  $\theta_1$ 、 $r_1$ 、 $r_3$  是固定的， $\theta_2$ 、 $\theta_3$  與  $r_2$  是待定的，根據本車之運動方式是由腳踏板的角度  $\theta_2$  之變化來驅動  $r_3$  的旋轉運動以達到車體前進的目的，所以由  $\theta_2$  之變化來求出  $\theta_3$  和  $r_2$  的關係。

本研究由輸入  $\theta_2$  來求出  $\theta_3$  和  $r_2$  的關係，而目前先求要求出  $\theta_3$  由以上的(2)式乘上  $\cos \theta_2$  並且(3)式乘上  $\sin \theta_2$  再相減並經過整理，再使用合角公式作進一步的減化，可以整理出以下兩式

$$\theta_3 = \theta_2 + \sin^{-1} \left\{ \frac{r_1}{r_3} \times [\sin(\theta_1 - \theta_2)] \right\} \quad (4)$$

$$r_2 = (r_3 \times \sin \theta_3 - r_1 \times \sin \theta_1) / \sin \theta_2 \quad (5)$$

經由第(4)及第(5)式之運算便可以很簡捷地求出在運動的過程中各輸入及輸出桿件間的大小及角度間的關係，也藉此可以對此機構作更深更進一步的了解。而兩個腳踏板的起始及結束動作行程分別當  $r_2$  和  $r_3$  之角度成垂直時，如圖十二所示，並根據此二處之位置即可以算出起始及結束時的角度。



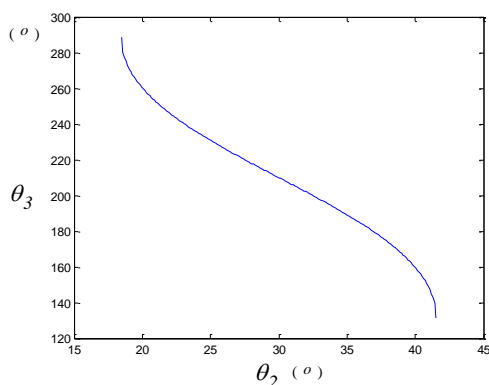
圖十二、施力起點及終點位置示意圖

### 參、驅動機構尺寸設計

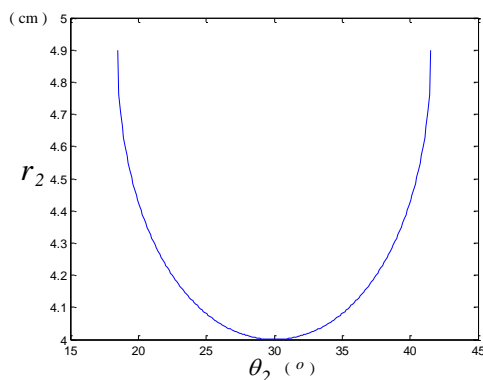
為了對機構之尺寸對驅動效果作一分析，根據機構本身各桿件之尺寸比例來分析，因此令大齒輪的半徑  $r_3$  之尺寸為 1，支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的圓心的距離  $r_1$ ，由  $r_1$  的固定點並且到滑塊的距離為  $r_2$ ，以作為此機構之尺寸設計之參考依據。首先設  $r_1$  的值為  $r_3$  尺寸之 5 倍，所以  $r_1$  為 5，並設騎乘者之腳踏板之位置距腳



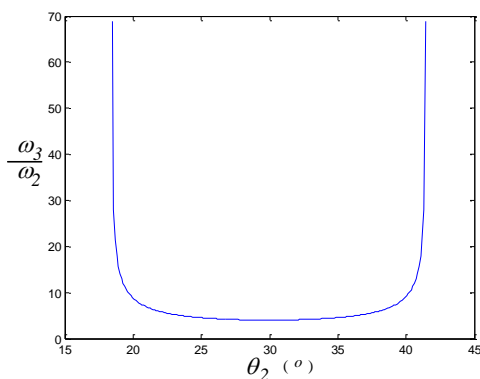
踏板固定支撐點之距離為  $r_1$  的 2 倍長，以此可以分析出輸入  $\theta_2$  與  $\theta_3$  的關係圖如圖十三，以及輸入  $\theta_2$  與  $r_2$  的關係圖十四。由圖十三中可以看出隨著腳踏板的角度  $\theta_2$  之變化，大齒輪的半徑  $r_3$  的角度  $\theta_3$  變化並沒有按一定的速率來變化，因此當腳踏板的角度  $\theta_2$  之變化為等角速度  $\omega_2$  時，可計算出大齒輪的半徑  $r_3$  的角速度  $\omega_3$  變化，將其前進過程中， $\omega_3 / \omega_2$  之變化之值繪圖於圖十五中。根據腳踏位置大約到支撐兩個腳踏板的固定點的距離，若將此定為施力點而抗力點位置  $r_2$ ，由此二位置之比值可以計算出機械利益之值以及輸入  $\theta_2$  與機械利益  $MA$  之變化關係圖十六。由此圖可以看出在單腳踩踏的行程中，剛開始及快結束之兩段時間中機械利益相較其他時間為小，在中間段之機械利益之值較大。

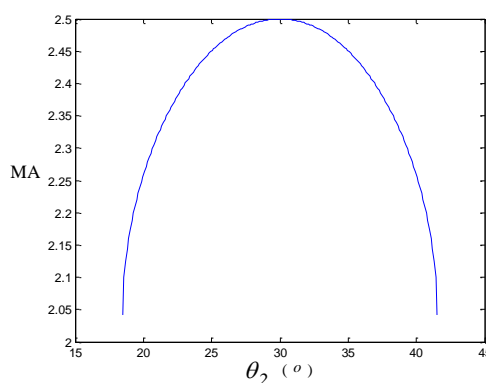


圖十三、輸入  $\theta_2$  與  $\theta_3$  的關係圖

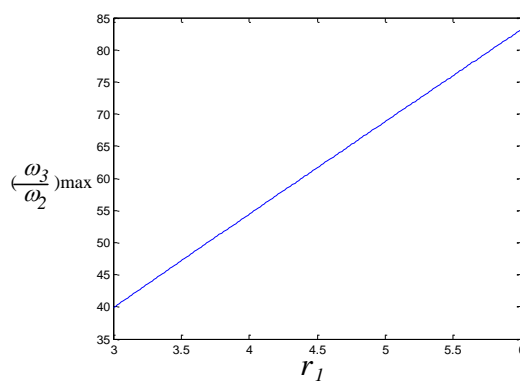
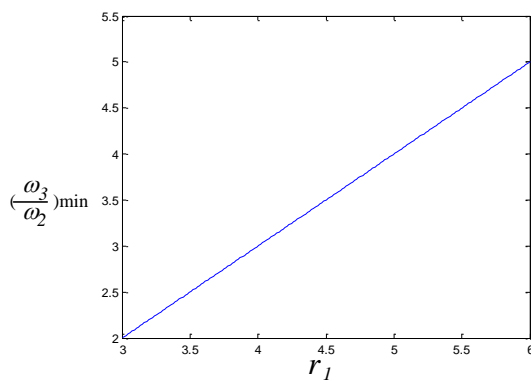


圖十四、輸入  $\theta_2$  與  $r_2$  的關係圖

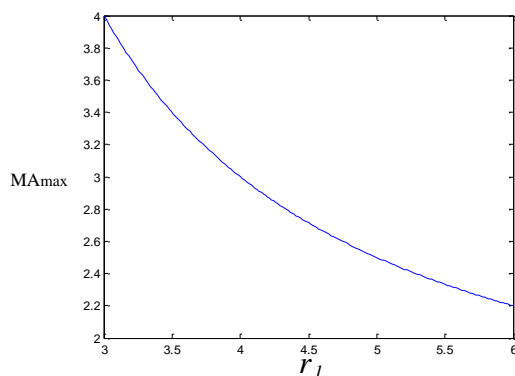


圖十五、輸入 $\theta_2$ 與 $\omega_3/\omega_2$ 之變化關係圖圖十六、輸入 $\theta_2$ 與MA之變化關係圖

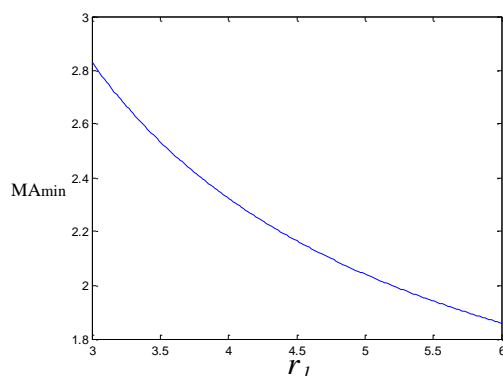
由於車體結構以及會干涉到前輪的關係， $r_1$ 的值並不可以隨意加長或減短，所以將研究 $r_1$ 的值設定為 $r_3$ 尺寸之3~6倍，並設騎乘者之腳踏板之位置距腳踏板固定支撐點之距離為 $r_1$ 的長度再加上 $r_3$ 尺寸之5倍長，由此設定可以估算出驅動行程中 $\omega_3/\omega_2$ 之最大值以及最小值隨著 $r_1$ 的長度變化曲線，如圖十七及圖十八所示。由圖中可以看出隨著 $r_1$ 的長度變長， $\omega_3/\omega_2$ 之最大值以及最小值皆隨著變大，而且幾近是等比例的變大，而且 $\omega_3/\omega_2$ 之最大值之增加率比其最小值之增加率稍小。

圖十七、 $r_1$ 與 $(\omega_3/\omega_2)$ 最大值之變化關係圖圖十八、 $r_1$ 與 $(\omega_3/\omega_2)$ 最小值之變化關係圖

再來估算出驅動行程中機械利益 $MA$ 之最大值以及最小值隨著 $r_1$ 的長度變化曲線，如圖十九及圖二十所示。由圖中可以看出隨著 $r_1$ 的長度變長，機械利益 $MA$ 之最大值以及最小值皆隨著變小，而且機械利益 $MA$ 之最大值之減小速率比其最小值之減小速率大。並且可以看出隨著 $r_1$ 的長度變長，機械利益 $MA$ 之最大值和最小值相差之大小減小，意即隨著 $r_1$ 的長度增長，機械利益 $MA$ 在驅動行程中之變化會驅緩。



圖十九、 $r_1$ 與與 $MA$ 最大值之變化關係圖



圖二十、 $r_1$ 與與 $MA$ 最小值之變化關係圖

#### 肆、結語

在面臨能源危機的現況，節省能源增強綠色觀念尤其重要，融合腳踏車與健身車的新型踏步車不使用能源之工具更具研究之特殊性，利用一組四連桿曲柄滑塊機構來作為新型踏步車的傳動結構，由運動分析可以看出在踩踏的行程中，剛開始及快結束之兩段時間中，車子前進的速率相較其他時間特別快，但機械利益卻較小，支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的圓心的距離增長，車子前進的速度會增加，機械利益 $MA$ 會減少而且在驅動行程中之變化會驅緩，因此依據設計者之需求便可以決定出合適的尺寸比例。

#### 伍、參考文獻

- [1]蔡清發，”腳踏健身車”，中華民國專利公報 第 M532189 字號，2003。
- [2]謝文秀，”健身腳踏車”，中華民國專利公報 第 M330101 字號，2008。
- [3]王木枝，”具騎馬效果的腳踏車”，中華民國專利公報 第 M372732 字號，2010。
- [4]張阿蘭，”具扭擺踩動效果之橢圓踏步機”，中華民國專利公報 第 M375530 字號，





2010。

[5]顏鴻森、吳隆庸，機構學，頁數 34~41 頁，ISBN 978-957-483-394-8(平裝)。東華書局，台北、台灣，1997。

