

## 新式腳踏車設計

# Advanced Design of a Bicycle

徐煒峻<sup>1</sup>、林嘉哲<sup>1</sup>、許文騰<sup>1</sup>、陳宏旻<sup>2</sup>、賴柔雨<sup>3</sup>  
W.C Hsu<sup>1</sup>、C.J. Lin<sup>1</sup>、W.T. Hsu<sup>1</sup>、H.M. Chen<sup>2</sup>、J.Y. Lai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>吳鳳科技大學機械工程系

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, WuFeng University

<sup>2</sup>吳鳳科技大學光機電研究所

<sup>2</sup>Graduate School of Opto-Mechatronics and Materials, WuFeng University

<sup>3</sup>彰化師範大學工業教育與技術學系

<sup>3</sup>Department of Industrial Education and Technology, National Changhua University of Education

### 摘要

本研究之產品主要針對市面上腳踏車之改良設計，除了符合人體工學的施力方式外，更加強了趨動的效果，因此本研究之目的在於利用踏板驅動方式與腳踏車結合所做最方便性的設計，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，踏步型腳踏車，健身車，運動分析

### Abstract

The research is focused on the design of a bicycle with a new drive mechanism. The purpose of this study designs a better transmission of the drive mechanism for a bicycle. 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 bicycles.

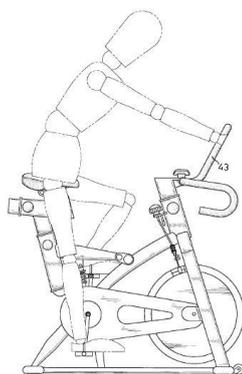
**Keywords :** Bicycle, Steps drive mechanism, Kinematic analysis.

### 壹、前言

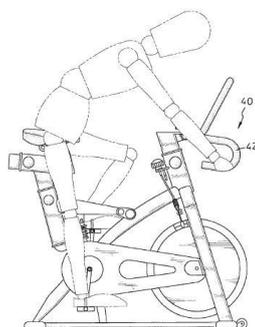
本研究主要是利用踏板驅動機構的新式腳踏車，為了改善目前一般市場上的腳踏車的施力方式，所以先針對目前專利上有一些新設計作檢索，有關於健身車的設計有2003年蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車[1]如圖一及圖二所示，主要是可以讓騎士可以採用一般舒適的方式或是採用跑車的騎乘方式，提供了兩種不同的選擇。2008



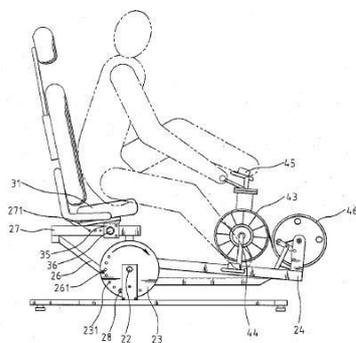
年謝文秀設計出之健身腳踏車[2]，亦可以提供騎乘者兩種不同的姿勢來騎乘如圖三及圖四所示。2010年，王木枝便設計出具騎馬效果的腳踏車[3] 如圖五所示，其具騎馬的效果主要是由，該前輪與後輪的輪輻上更分別具有一沿著軸向向外凸伸的定位部，每一個偏心調整單元包含一調整架、二導桿及複數個螺桿與螺帽，該調整架位於前、後輪輪輻的一側，並與該滑動件固定，各該導桿自該調整架向外延伸並利用螺帽鎖固於前述定位部上，該滑動件嵌合於前述滑槽，以藉由螺桿將調整架鎖固在前、後輪輪輻上。同年，張阿蘭亦設計出具扭擺踩動效果之橢圓踏步機[4]如圖七，由圖八之上視圖可以看出其具扭擺踩動效果之機構。由以上的專利設計可以了解目前的專利設計對著墨在腳踏車與健身車的結合成品尚不多，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，此設計製作結果如圖九[5]所示。



圖一、蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車示意圖[1]

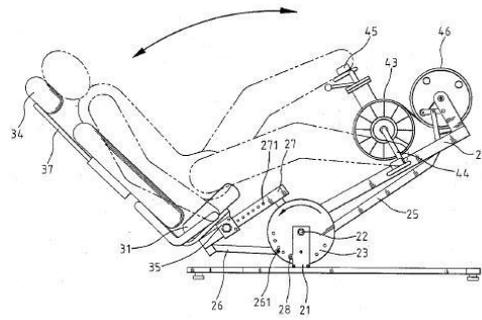


圖二、蔡清發所設計之輪椅腳踏健身車另一坐姿示意圖[1]

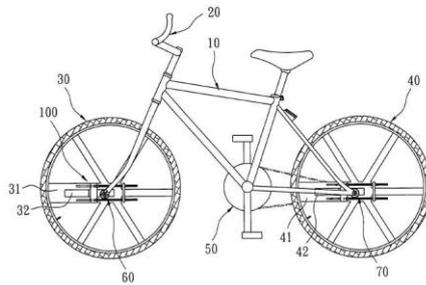


圖三、謝文秀所設計之健身腳踏車示意圖[2]

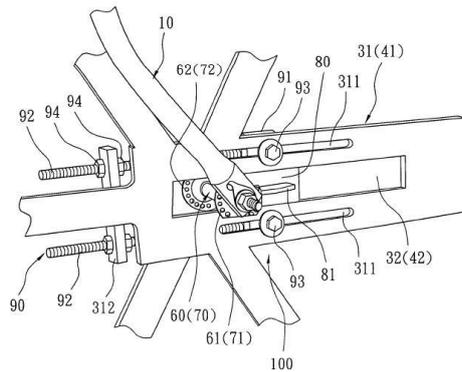




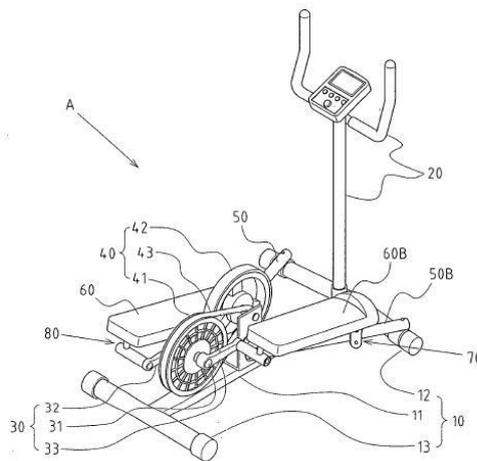
圖四、謝文秀所設計之健身腳踏車躺式示意圖[2]



圖五、王木枝所設計之具騎馬效果的腳踏車示意圖[3]

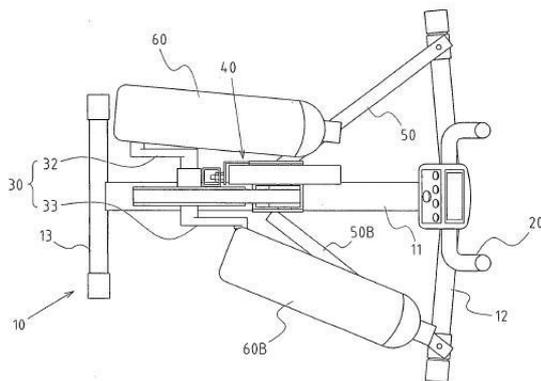


圖六、局部機構示意圖[3]



圖七、張阿蘭所設計之具扭擺踩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、健身踏步型腳踏車設計圖[5]

因為現在腳踏車休閒很盛行，為了加強腳踏車的功能，我們本次的專題主要是針對傳動的方式作改變，而且加入了健身車的概念而製作出一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步型腳踏車，最主要的成果是利用槓桿原理加入驅動之踏板上，讓我們在踩的時候可以更加省力更加方便。我們在健身車中發現有一種踏步機，結合腳踏車與踏步機，前進時雙腳不是畫圈圈，而是如踏步機般上下動作，與人們行走時姿態相近。踏步型腳踏車給人的第一印象就是好玩又有型的自行車，尤其是它獨特的大雙踏板，真像一對擺動的桿子！我們可以像步行般踩踏腳板前進，據說也比一般腳踏車更能可以輕鬆運動。無論是那一種機械結構，踩踏的流暢感最重要！因為如果沒辦法踩久至少要超過 40 分鐘，那減肥效果就會大打折扣，如果你只是要踩好玩，就不用考慮這點，基於這理由其實踩踩看便可以體會輕便的效果，為了這種效果而利用槓桿原理加入驅動之踏板上，製作出一輛可融合腳踏車與踏步車的新型腳踏車。

## 貳、新式腳踏車驅動機構設計

針對目前市售的腳踏車改良可以加強健身的功能，利用踏板來增長施力臂以產生較大之輸入力矩，產生較大的扭力行進。此新型腳踏車利用一組四連桿曲柄滑塊機構來組成踏板之槓桿以作為新型踏步型腳踏車的傳動結構，如圖十所示。





圖十、踏步型腳踏車踏板結構

為了作四連桿曲柄滑塊機構來組成踏板之支撐，我們在後輪的輪軸支撐上多焊了兩個圓桿，如圖十一所示。這個支撐點就是我們設計的省力力臂的支點。



圖十一、兩踏板之支撐結構

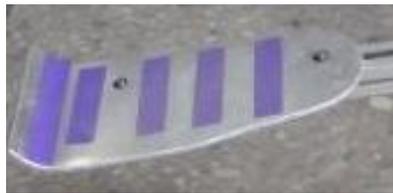
在腳踏車的原先腳踏板的地方就是連接我們設計的省力力臂的點，也就是四連桿機構中的滑塊位置，為了達到滑塊的效果，我們利用了3個軸承來作為滑塊的滾輪，如圖十二所示。



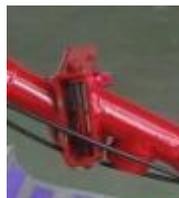


圖十二、踏步型腳踏車踏板中的滑塊

為了預防在踩踏的過程中鞋子在平滑的踏板上會滑，如果會滑也會有安全的顧慮，因此在踏板上我們貼上了防滑的膠布，如圖十三所示，後來我們發現防滑的膠布有防滑的效果之外也讓踏板有更美觀的效果。為了讓踏步型腳踏車可以收起來放在一般車子的行李箱中，我們參考了一般折疊車的折疊方式在車架的中間設計有折疊裝置，如圖十四所示。



圖十三、踏板防滑



圖十四、可折疊處

最後新式腳踏車便完成如圖十五所示。和一般的腳踏車相似，多了一組曲柄滑塊機構作為踏板，利用了槓桿原理達成省力的目的。





圖十五、新式腳踏車設計圖

### 參、驅動機構尺寸角度分析

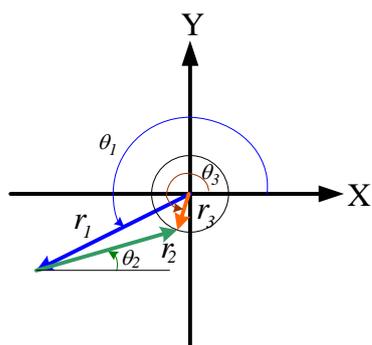
首先利用向量迴路法[6]來分析此驅動機構，將此部份局部放大如圖十六示，由圖中可以看到  $r_1$  是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的圓心的距離，由  $r_1$  的固定點並且到滑塊的距離為  $r_2$ ，此時假設可知  $r_2$  的距離是可變化的，大齒輪的半徑為  $r_3$ ，大齒輪的圓心做為 x 軸與 y 軸的原點 O，此時便可以簡化成圖十七，圖上的角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  與  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  用位置分析的方法便可以列出下列之向量迴路方程式：

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



圖十六、驅動機構圖





圖十七、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

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

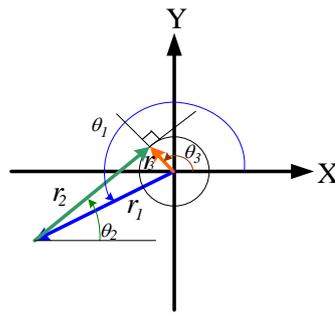
$$r_2 = (r_3 \times \sin \theta_3 - r_1 \times \sin \theta_1) / \sin \theta_2 \quad (5)$$

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。

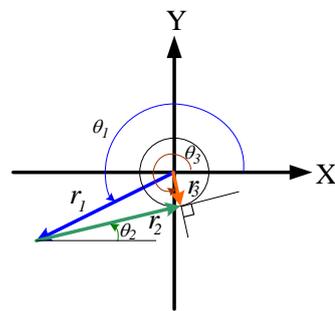
#### 肆、驅動機構力量分析

而兩個腳踏板的主要的驅動行程分別當  $r_2$  和  $r_3$  之角度成垂直時，如圖十八及圖十九所示，並根據此二處之位置即可以算出主要的驅動行程起始及結束時的角度。此機構之驅動方式主要是由騎乘者以站姿來騎乘，所以可以利用全身之重量來驅動而不用再多施力，將施力方式以重力  $W$  作用於踏板上如圖二十所示，並將  $r_2$  及  $r_3$  及之受力情況繪於圖二十一，由力對轉軸中心點  $A$  所產生之有效扭力便可以計算出本機構之效率。

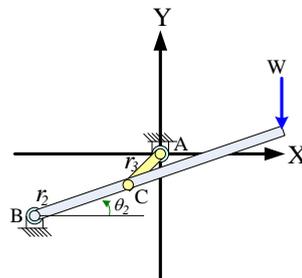




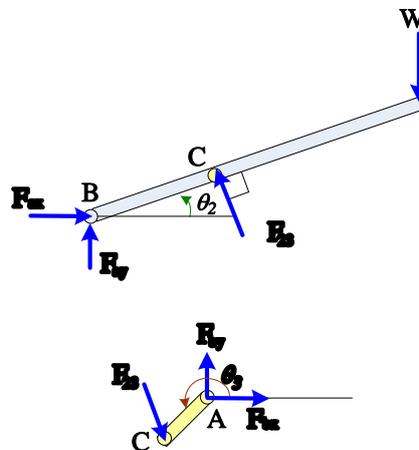
圖十八、主要的驅動行程起點示意圖



圖十九、主要的驅動行程終點示意圖



圖二十、驅動機構施力示意圖



圖二十一、驅動機構桿件受力圖



此機構之驅動力  $W$  作用於踏板上如圖二十所示，對 B 點作力矩平衡可以得到以下方程式：

$$F_{23} \cdot r_2 = W \cdot r_w \cdot \cos \theta_2 \quad (6)$$

由  $F_{23}$  對  $r_3$  所產生的力矩  $T_F$  可以由圖 6 看出，對 B 點作力矩平衡可以得到以下方程式：

$$T_F = F_{23} \cdot r_3 \cdot \sin(\theta_2 - \theta_3 + \frac{3}{2}\pi) \quad (7)$$

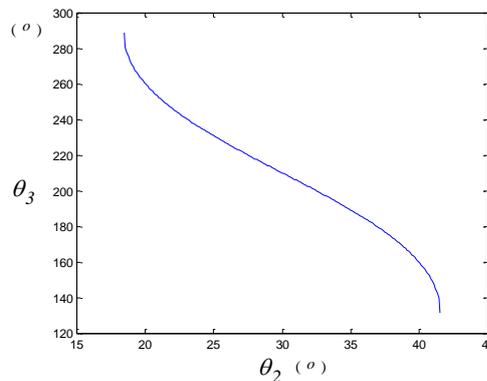
若是以原始一般腳踏車直接作用在  $r_3$  所產生的力矩  $T_W$  可以下列方程式求出：

$$T_W = W \cdot r_3 \cdot \sin(\frac{3}{2}\pi - \theta_3) \quad (8)$$

因為正常而言原騎乘者利用腳所施力作用在  $r_3$  即在原腳踏板產生的力矩大都會比  $T_W$  來的小，所以第(3)及第(4)式可以比較出由新式腳踏車之機構所產生的力矩效果。

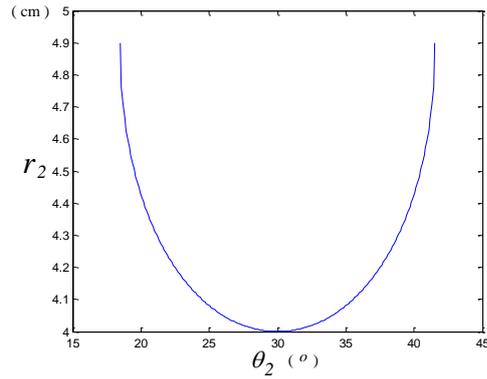
## 伍、分析結果

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  $\theta_3$  的關係圖如圖二十二，以及輸入  $\theta_2$  與  $r_2$  的關係圖二十三。由圖二十二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  $\dot{\theta}_2$  時，可計算出大齒輪的半徑  $r_3$  的角速度  $\dot{\theta}_3$  變化，將其前進過程中， $\dot{\theta}_3/\dot{\theta}_2$  之變化之值繪圖於圖二十四中。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  $MA$  之變化關係圖二十五。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。

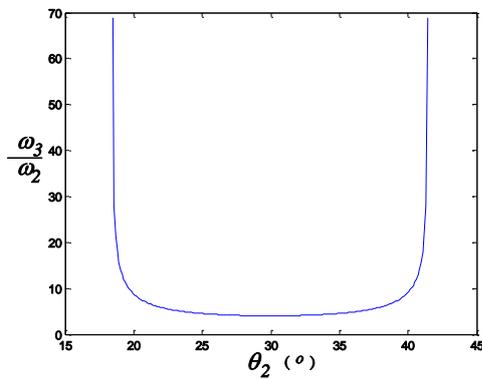


圖二十二、輸入  $\theta_2$  與  $\theta_3$  的關係圖

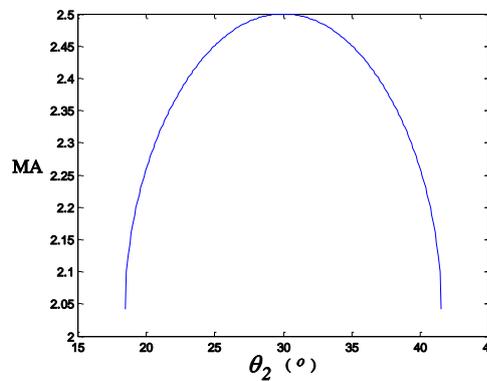




圖二十三、輸入 $\theta_2$ 與 $r_2$ 的關係圖



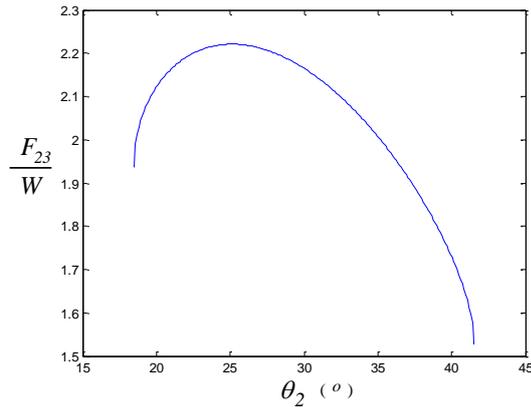
圖二十四、輸入 $\theta_2$ 與 $\omega_3/\omega_2$ 之變化關係圖



圖二十五、輸入 $\theta_2$ 與 $MA$ 之變化關係圖

為了了解力量  $F_{23}$  之變化，將在主要驅動行程階段之力量變化計算出，為了與重力  $W$  之效果作比較，所以以無因次化之結果  $(F_{23}/W)$  計算出，以便可以清楚地比較出相對應之力量增加效果，並將結果繪於圖二十六。由圖中可以看出由於踏板長度使施力臂增加所產生之效果，產生之倍力效果甚至可以大於 2。





圖二十六、 $F_{23}$ 之變化圖

### 陸、結語

由融合腳踏車與健身車的新型踏步型腳踏車，可利用一組四連桿曲柄滑塊機構所構成之踏板槓桿來作為新型踏步型腳踏車的傳動結構，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，車子前進的速率即會相較其他時間特別快，因此需要再作更深入的設計分析才可以設計出更佳的结构。

### 柒、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]徐煒峻、張朝翔、張承濬、陳宏旻、賴柔雨，”健身踏步車驅動機構設計”，吳鳳學報第 17 期，2010。
- [6]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。

