

25. 健身踏步車設計

徐煒峻¹、張朝翔¹、張承濬¹、陳宏旻¹、賴柔雨²
¹吳鳳技術學院機械工程系
²彰化師範大學工業教育與技術學系

摘要

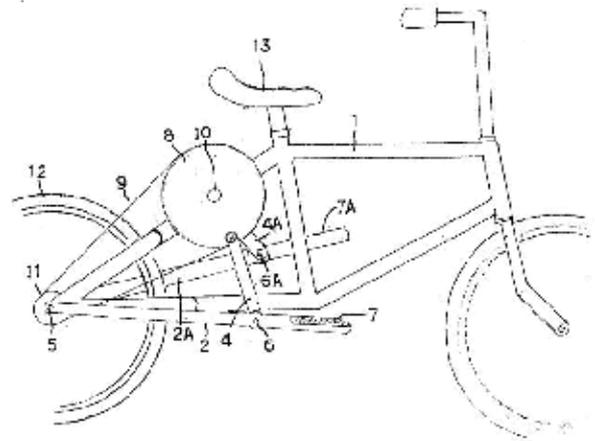
近年來腳踏車健身休閒活動普遍為大眾所接受，為了可使腳踏車有更好的健身效果，因此本專題之目的在設計出一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步車，並研究此踏步車在轉換動力時有之效率。本研究的方法是利用機構學將腳踏車簡化連桿機構，並以位置分析研究出輸入及輸出的角度、連桿長度等關係，以期能了解騎乘時輸入力及輸入點，並研究輸入力與輸出力之轉換，以了解此踏步車之力量轉換。

關鍵字：踏步車、腳踏車、健身車、運動分析

一、前言

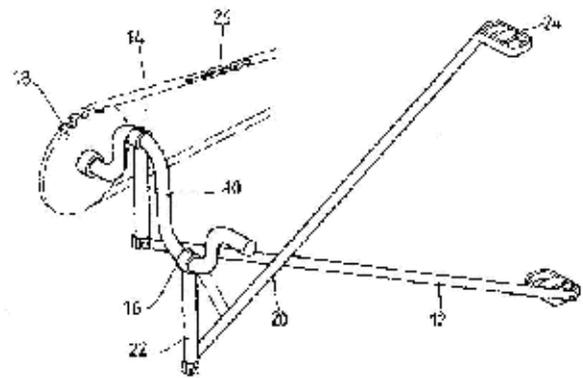
本研究主要是針對一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步車，為了改善目前一般市場上的腳踏車的施力方式，所以先針對目前腳踏車之設計作一改良。在設計時先是要用機構學方法中必須[1]要有拘束運動，在設計機構之初，設計者必須根據工程目的來決定這個機構所需具有的獨立輸入(Independent input)數目。機構若要達成設計上的需求，則它的運動必須受到拘束。所謂拘束運動(Constrained motion)乃是機構受到應有獨立輸入的運動條件驅動時，它的所有機件皆會產生確定而可預期之運動。由於機構之自由度是使該機構產生拘束運動所需的獨立輸入數，因此自由度之概念乃是通常用來分析機構拘束程度的依據。且用位置分析的方法可研究出，角度、連桿長度桿變等數值。

近年來也有許多腳踏車的設計改良，在2005年董繼萍的踏步運動腳踏車[2]如圖一所示一種踏步運動腳踏車，主要係運用兩組弧形運轉機構，以連桿連接，帶動一被移置於座墊後下方的前鍊輪作一旋轉運動，以符合人體力學上、下踏步擺動，作為腳踏車動力。

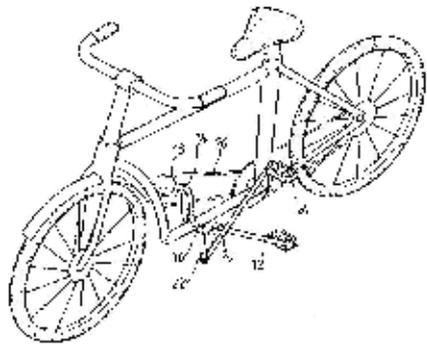


圖一、踏步運動腳踏車之側面視圖[2]

而在2003年邱慶堦[3]的腳踏車動力結構改良文中本創作一種腳踏車動力結構改良之目的，其主要特殊設計之處係在於：設計有一曲軸，該曲軸左右二側部份軸部相對上、下偏離中心軸線，而該曲軸中心軸線上二端之軸部與腳踏車之架體軸樞，並在該曲軸中心軸線上軸部之適當位置固設有一動齒輪；及再設計有二踏板，在該二踏板之動作端及施力端之間尋找最為恰當之支點與腳踏車之架體軸樞，該二踏板之動作端與曲軸左右二側上、下偏離中心軸線之軸部之間分別樞接有曲柄，當腳部相互以最短之行程施力於二踏板之施力端，靠支點作相對上、下往復式動作，曲柄能將往復式移動改變為轉動而帶動曲軸旋轉者請參閱圖二及圖三所示。

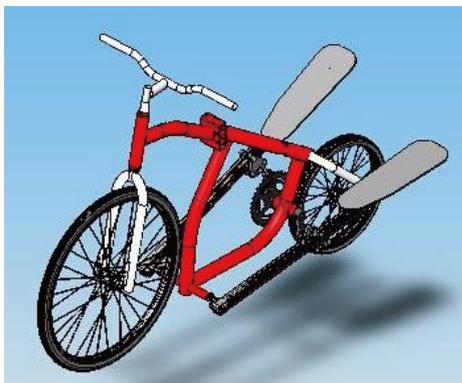


圖二、腳踏車動力結構改良部份示意圖[3]



圖三、腳踏車動力結構改良立體示意圖[3]

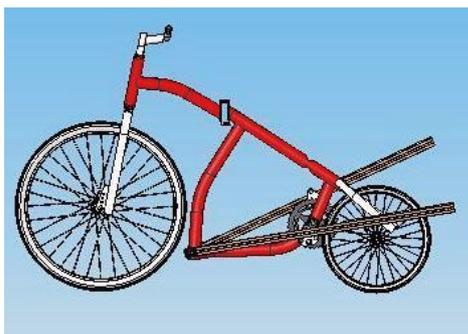
近年來腳踏車文化盛行，為了設計出一輛可融合腳踏車與健身車的新型踏步車，便利用一組四連桿曲柄滑塊機構來作為新型踏步車的傳動結構，先將此新型結構由3D電腦繪圖設計出之結果等角視圖及側視圖如圖四及圖五所示。由於設計時未考慮到結構強度的問題，所以在實際焊接時為了加強腳踏車支點的支撐，多焊了一條支撐管以加強其車架強度，同時為了可以方便出遊時放置於車廂後座，因此在車身中間加了一個可折疊之裝置，製造成品如圖六所示。為了分析此車之運動便進行如下一段之機構分析。



圖四、踏步車之等角設計圖

二、運動方程式推導

本研究事先將設計好的腳踏車簡化，則可以腳踏車的側視圖來簡化，可簡化成三個連桿與一個滑塊。

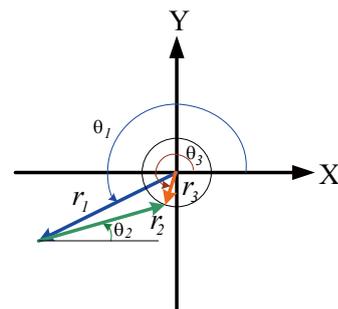


圖五、踏步車之側視圖



圖六、踏步車之實車完成圖

以設計圖來看 r_1 是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離，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七，圖上的角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_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：



圖七、向量迴路示意圖

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

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：

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

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

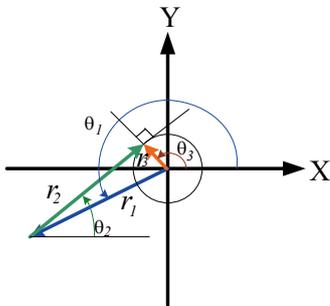
r_1 是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離，因此 r_1 及 θ_1 為一已知值， r_2 為由 r_1 的固定點到滑塊的距離， r_2 的大小及其角度 r_2 是可變化的， r_3 為大齒輪的半徑，因此 r_3 的大小是固定的，但 r_3 的角度 θ_3 是可變化的，整理可以知 θ_1 、 r_1 、 r_3 是固定的， θ_2 、 θ_3 與 r_2 是待定的，根據本車之運動方式是由腳踏板的角速度 θ_2 之變化來驅動 r_3 的旋轉運動以達到車體前進的目的，所以由 θ_2 之變化來求出 θ_3 和 r_2 的關係。

經由第(2)及第(3)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。

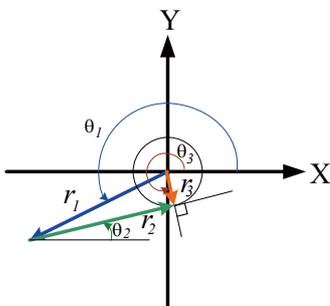
三、運動分析結果

將實車之尺寸量測出各桿件的大小， r_1 是支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離， r_1 之尺寸量測為52cm， Θ_1 之角度量測為207°， r_3 為大齒輪的半徑， r_3 之尺寸量測為11cm，根據本車之運動方式是由腳踏板的角速度 Θ_2 之變化來驅動，圖八及圖九分別為腳踏板的主要施力行程中起始及結束的角度 Θ_2 之位置，因此二時正好 r_2 及 r_3 為垂直之狀態，也正由此特點可以分別計算出 Θ_2 之起始及結束的角度，計算之結果 Θ_2 之起始角度為39.21°， Θ_2 之結束的角度為14.79°。此即為運動位置分析之主要依據，將各數值記錄於表一。

從 Θ_2 之起始角度為39.21°到 Θ_2 之結束的角度為14.79°，每間隔0.5°計算出 r_2 及 Θ_3 之數值，經由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，並將其變化分別顯示於圖十及圖十一中。



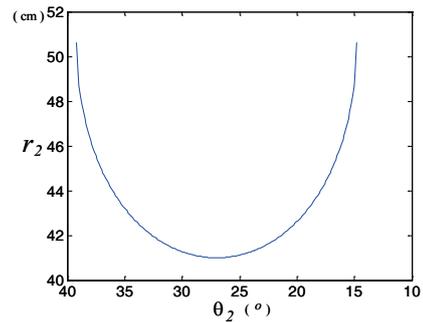
圖八、主要施力行程起點位置示意圖



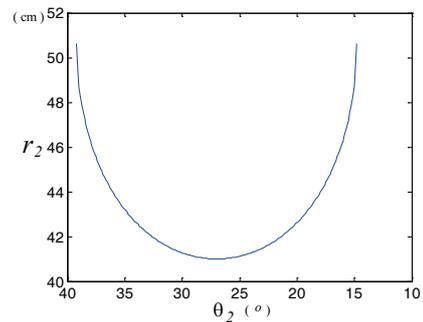
圖九、主要施力行程施力終點位置示意圖

表一、各主要固定桿件長度及角度

r_1 (支撐兩個腳踏板的固定點到大齒輪的原心的距離)	52cm
Θ_1 (大齒輪的原心到支撐兩個腳踏板的固定點的角度)	207°
r_3 (大齒輪的半徑)	11cm
腳踏板的角速度 Θ_2 之起始角度	39.21°
腳踏板的角速度 Θ_2 之結束角度	14.79°

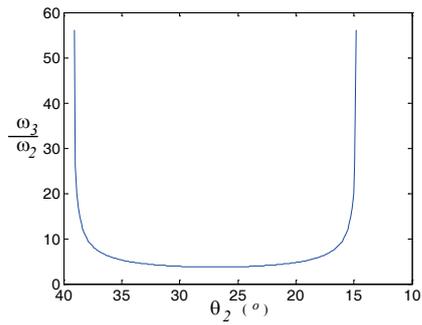


圖十、輸入 Θ_2 與 Θ_3 的關係圖

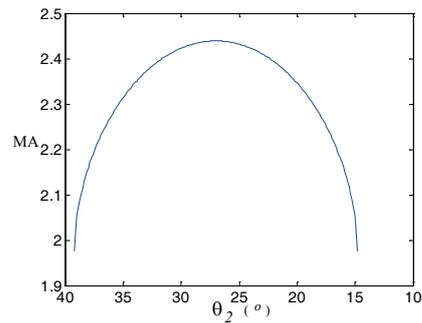


圖十一、輸入 Θ_2 與 r_2 的關係圖

由圖十中可以看出隨著腳踏板的角速度 Θ_2 之變化，大齒輪的半徑 r_3 的角速度 Θ_3 變化並沒有按一定的速率來變化，因此當腳踏板的角速度 Θ_2 之變化為等角速度 ω_2 時，可計算出大齒輪的半徑 r_3 的角速度 ω_3 變化，將其前進過程中， ω_3/ω_2 之變化之值繪圖於圖十二中。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，車子前進的速率相較其他時間特別快，在中間段之速度變化較為平穩。根據腳踏位置大約到支撐兩個腳踏板的固定點的距離為100cm，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，將其前進過程中機械利益之值之變化繪圖於圖15中。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。



圖十二、輸入 θ_2 與 ω_3/ω_2 之變化關係圖



圖十三、輸入 θ_2 與 MA 之變化關係圖

四、結論

由融合腳踏車與健身車的新型踏步車，可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，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，由此設計結果之分析可見此機構已提高了機械利益，也讓騎乘的過程中多了許多趣味性。

五、參考文獻

1. 顏鴻森、吳隆庸，機構學，頁數34~41頁，ISBN 978-957-483-394-8,東華書局，台北、台灣，1997。
2. 董繼萍，踏步運動腳踏車，中華民國專利公報 第M268270，2005。
3. 邱慶璋，腳踏車動力結構改良，中華民國專利公報 專利編號532362,2003。