

兩足機械行走器基本型之研製 A Basic Type of Two Legs Walking Machine

陳青濤* 高世忠* 陳尚智* 陳金龍*
邵桶俊** 洪國樑** 龔健榮** 陳光文** 陳世欣**
Chin Tao Chen, Shih Chung Gao, Shang Chih Chen
Chin Lung Chen, Tony Jun Shao, Guo Liang Hong
Jian Rong Gong, Guang Wen Chen and Shi Xin Chen

黎明技術學院機械工程學系
Department of Mechanical Engineering, Lee-Ming Institute of Technology
*老師，**學生

摘要

一般而言，行走時，人類的兩腳較輪子和履帶具有若干優點，例如腳能跨越障礙物，腳能平順地爬樓梯，在崎嶇道路可以順利地通過，腳對地面的損害較履帶為少，本文主要探討兩脚步行的動作原理及穩定因素，文中首先利用機動學原理將馬達的圓周運動改為步伐的運動軌跡，同時為了協調兩腳，使運動時一隻腳懸空時另一隻腳必着地，機構上也做了一設計。

關鍵詞：兩足、行走器

ABSTRACT

Generally speaking, human legs have more merits than wheels or chains when walking. For examples, legs go over the obstacle or stairs and legs hurt the road surface little than chains. This paper presents an investigation into the walking principle of two legs and stability consideration. In this work, mechanism principle is first used to the legs walking path by driving motor's circle motion. Next, a machine design is applied to harmonize two legs. The harmonization makes a leg on the ground when another leg is on air.

Keywords: Leg, walking machine



1.前言

利用車輪的移動機械，長久以來即被作為交通工具發展，除了速度很快外，並可供作大量運輸。但利用車輪的機械在移動時，必須設置專用軌道或道路，其移動範圍受到限制。為了克服車子在行進時，遇到樓梯、沼澤、岩石等各種障礙物，不易通過，故設計兩足機械行走器基本型。兩腳步行，已經融入了我們日常生活，不像手那樣使人特別意識到它的存在。當你一旦對兩足步行機構發生興趣時，必會驚嘆生物體複雜又精巧的運動和平衡系統，關於步行的軌跡，本文利用機動學原理將馬達的圓周運動改為步伐的運動軌跡，而協調兩腳的構造，使運動時一隻腳懸空時另一隻腳必著地，機構上也做了一個限制器。

2.連桿運動原理

動力來源由馬達驅動傘齒輪，並經由配對的傘齒輪旋轉，此軸同時帶動左右兩腳。調整兩腳，互相協調，使一腳著地時，另一隻腳懸空。配對的旋轉軸心為 O 點，當 O 點旋轉時，連桿跟著以 O 點為軸心轉動，連桿上的可動點 a 繞著 O 點旋轉，a 點同時鎖在 A 板與 B 板，A 板是限制器，控制左右腳的先後，此板受 a 點帶動，且受固定點 b 牽制，且帶動可動點 c，B 板也受 a 點帶動，且受固定點 f 牽制，而且帶動可動點 d 及可動點 e，由可動點 c 及可動點 d 帶動後小腿，經由前後兩小腿帶動腳座，如圖 1 所示。

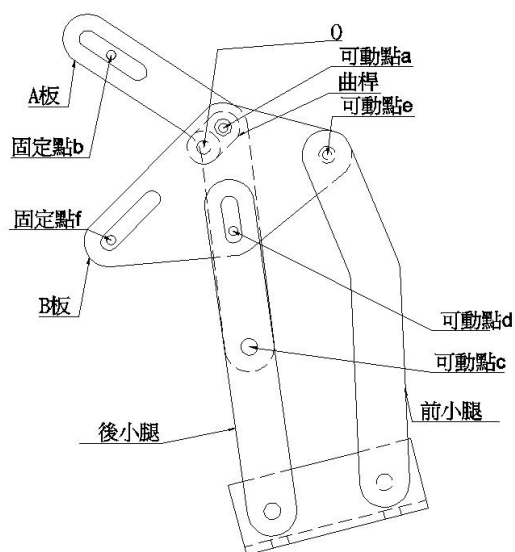


圖 1 連桿運動動作圖

3.電路圖

圖 2 至圖 4 及表 1 為電池與馬達的聯接及規格，如圖 2，此時為開路，無任何電流通。圖 3 為電池並聯電路，速度較慢，圖 4 為電池串聯電路，速度較快，馬達額定電壓為 12V，減速後為 12rpm，由於馬達採購的乾電池為 2 個 9V 的電池，馬達仍可承受，視展示時行進速度決定採用何種電路。

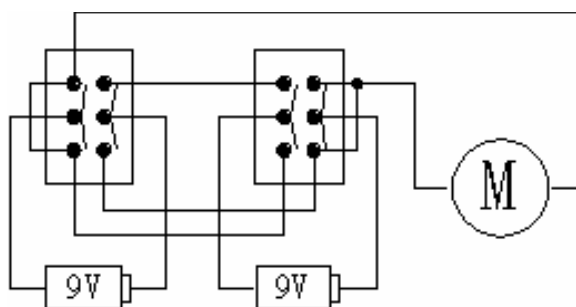


圖 2 電池電路圖

電子零件規格表，如下表 1 所示



表 1 電子零件規格表

零件	規格	數量
減速馬達	12V、12rpm、85mA	1
開關	6Pin、三段式	2
充電電池	9V、150mAh	2

3.1 電池並聯電路:

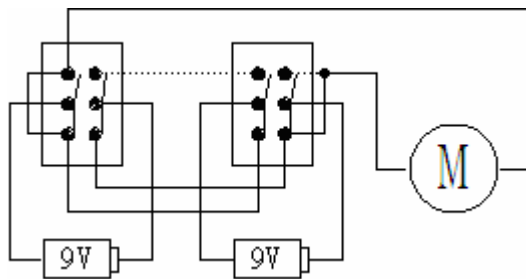


圖 3 電池並聯電路

V_1 : 兩個電池並聯時, 電壓為 9V

V : 馬達額定使用電壓為 12V

n : 馬達額定轉速為 12rpm

I : 馬達額定負載電流為 85mA

C : 電池容量, 兩個電池並聯時,

容量增大為兩倍 150mAh × 2

此時馬達轉速

$$n_1 = \frac{V_1}{V} \times n, n_1 = \frac{9V}{12V} \times 12\text{rpm} = 9\text{rpm}$$

3.2 電池串聯電路:

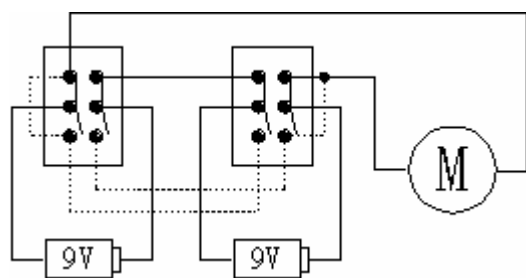


圖 4 電池串聯電路:

V_2 : 兩個電池並聯時, 電壓為 9V × 2

V : 馬達額定使用電壓為 12V

n : 馬達額定轉速為 12rpm

I : 馬達額定負載電流為 85mA

C : 電池容量, 兩個電池串聯時,

容量不變為 150mAh

此時馬達轉速

$$n_2 = \frac{V_2}{V} \times n, n_2 = \frac{9V \times 2}{12V} \times 12\text{rpm} = 18\text{rpm}$$

4. 材料與應力分析

圖 5 為傘齒輪帶動軸圖, 圖 6 為剪力彎曲力矩圖。

依 AISI1040 熱滾軋 $\sigma_y = 290\text{Mpa}$, 安全係數為 2, $\sigma_b = 15\text{kg/mm}^2$, AISI1040 冷拉鋼 $\sigma_y = 470\text{Mpa}$, $\sigma_b = 25\text{kg/mm}^2$ 。

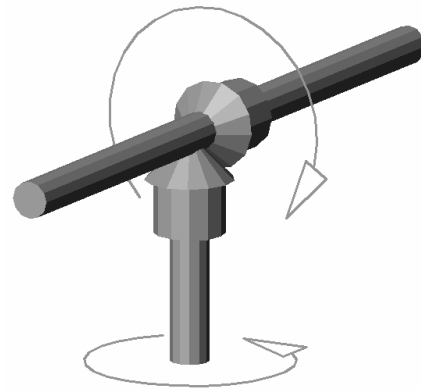


圖 5 傘齒輪帶動軸圖

$$\begin{aligned} \text{動力}(H) &= \frac{0.085 \times (9 \sim 18)}{1000} \\ &= 0.000765 \sim 0.00153(\text{kw}) \end{aligned}$$

$$P(\text{KW}) = \frac{T \times \left(\frac{2\pi n}{60}\right)}{102 \times 1000}$$

$$\text{取最大值} \rightarrow P = 1.53 \times 10^{-3}$$

$$1.53 \times 10^{-3} = \frac{T \times \left(\frac{2\pi \times 18}{60}\right)}{102 \times 1000}$$

$$T = \frac{974000 \times 1.53 \times 10^{-3}}{18}$$

$$= 82.79(\text{Kg} \cdot \text{mm})$$



最大扭轉力(τ_{max})【若只考慮扭矩時】

$$\tau_{max} = \frac{T \cdot d}{2 \cdot J}$$

d : 軸徑(mm) J : 軸斷面之極慣性矩

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{T \cdot d}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \\ &= \frac{16 \times 82.79}{\pi \times (4.9)^3} = 3.58 (\text{kg/mm}^2) \end{aligned}$$

彎曲應力，若考慮彎矩之作用

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{32M}{\pi \cdot d^3}$$

Z : 軸斷面之剖面模數

σ_b : 抗彎應力

$$P = \frac{FV}{102}$$

$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \quad (D = 8.5\text{mm 傘齒輪之直徑})$$

n = 18rpm 馬達之最高轉速

$$(n = \frac{18}{60} = 0.3 \frac{\text{rev}}{\text{s}})$$

$$V = \frac{\pi \times 8.5 \times 0.3}{1000} = 0.00801 (\frac{\text{m}}{\text{s}})$$

帶入數據，如下

$$0.00153 = \frac{F \times (0.00801)}{102}$$

$$F = 19.43(\text{Kg})$$

由圖6, F = 19.43kg 得知，求彎力矩 M，

$$M = 9.715 \times 38.5 = 374(\text{Kg} - \text{mm})$$

$$T = 82.79(\text{Kg} - \text{mm})$$

其總彎矩，[7]

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{1}{2}(M + \sqrt{M^2 + T^2}) \\ &= \frac{1}{2}(374 + \sqrt{374^2 + 82.79^2}) \\ &= 378.5(\text{Kg} - \text{mm}) \end{aligned}$$

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 378.5}{\pi d^3}$$

$$\sigma_b = 15 (\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2})$$

$$15 = \frac{32 \times 378.5}{\pi d^3}$$

$$d = 6.36(\text{mm})$$

傳動軸起先採用直徑 d = 4.9mm，因軸徑斷裂，以熱滾軋鋼 d = 6.36mm，同理，冷拉鋼 d = 5.36mm, 直徑可使用 6mm 不銹鋼。

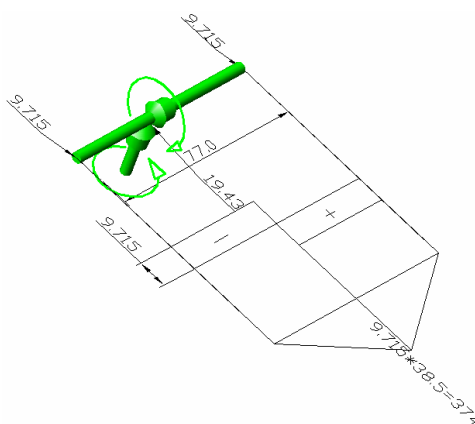


圖 6 剪力彎曲力矩圖

5.機械動作圖

圖 7 至圖 10 為機械實體運動圖。

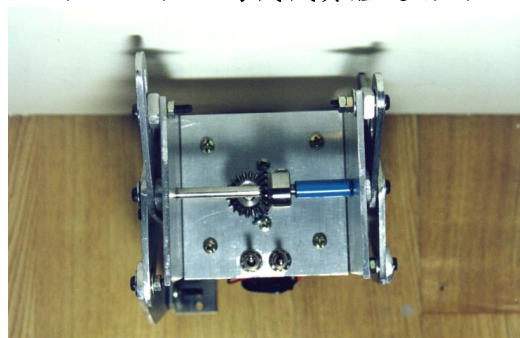


圖 7 實體上視圖

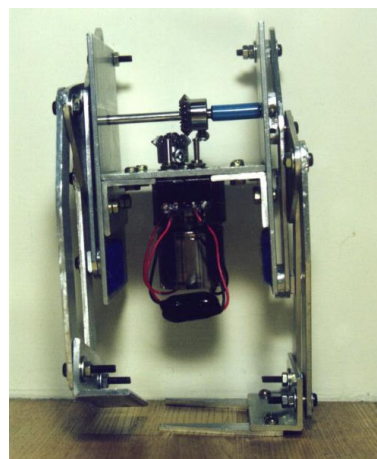


圖 8 實體前視圖



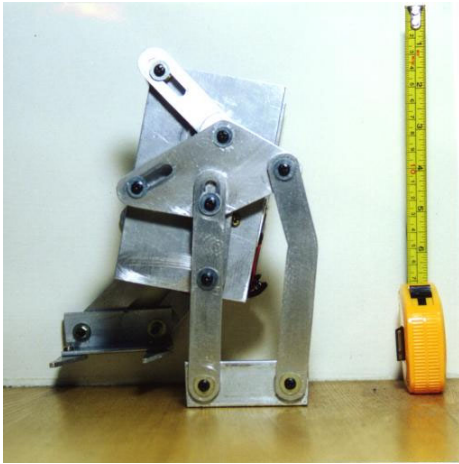


圖 9 實體著地側視圖

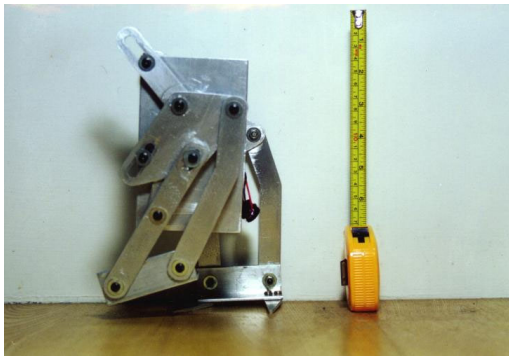


圖 10 實體上升側視圖

6. 結論

本機器行走器之機構行走動作，從由傳動軸提起，上升，前進，放下，結束，所有動作均如預期地順利完成。在製作時，其混合的彎曲力矩值估計不足，使直

徑 4.9 mm 傳動軸斷裂。同時，行走器重心有不穩定的現象，針對上述之缺點，本行走器改善如下：

- (1) 已有馬達和電池置於其機身之下，其重心易於控制，使得機械行走器，能得到比較好的穩定。
- (2) 改變材料選用，選用能抗拒較大應力之不銹鋼，作為傳動軸材料，而且使用直徑 6mm。

參考文獻

1. 中野榮二、佐藤茂信 (民 89)，〈機器人製作工學〉，《出版商：復漢出版社》，頁 91-120。
2. M.VUKOBRATOVIC (民 72)，〈步行機械人與人工腳〉，《臺隆書店》，頁 18-78。
3. ROBERT L.MOTT (民 87)，〈機械元件設計(全)〉，《高立圖書有限公司》，頁 570。
4. 徐業良 (民 96)，〈機械設計〉，《滄海書局》，頁 412-415。
5. George H. Martin (1994)，〈機動學〉，《高立圖書有限公司》，頁 51-78。
6. Erdman, Sandor, Kota (2001)，〈Mechanism Design〉，《東華書局》，頁 18-19。
7. 朱榮聰, (2000)，〈機械設計製圖〉，《復文書局》，頁 137-138。

