

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 機械科

最佳團隊合作獎

090903

多方向輸送裝置

學校名稱：國立嘉義高級工業職業學校

作者： 職二 汪伯璋 職二 涂家銘 職二 林柏全 職二 林彥志	指導老師： 羅文毅 張弘智
---	-----------------------------

關鍵詞：摩擦力、輸送機構、電驛控制

摘要

傳統滾筒式輸送系統僅能產生單方向的輸送效果，而且無法在系統上調整運送工件的前後左右的方向，為改良上述的缺點，本裝置設計多方向輸送機構，採用四只市購的 2 英吋 PU 輪組，配合四個正齒輪機構設計的驅動軸，並選擇傳統的電驛控制方式，來控制永磁式直流馬達的單一動力源，完成一軸對四軸的動力輸送與控制，並運用簡單邏輯方法來分析驅動軸的正裝與反裝以簡化機構，調整壓縮彈簧產生的彈力，藉由錐面摩擦輪滾子與驅動軸 pulley 和摩擦圓盤之間的摩擦力，運用摩擦力作用來輸出機械功率，完成工件的輸送。

壹、研究動機

古埃及建造金字塔的石塊，每座金字塔的組成石塊都平均在十公噸以上，以大金字塔而言，共堆積了 230 萬塊石塊，古埃及人是如何將這麼多的石塊堆積成高達 480 英尺的高度呢？金字塔的建造方法沒有任何文獻記載，後人有幾種推想，第一種說法是用一個巨大的槓桿，一端用繩子綁住石塊，另一端通過人力將石塊吊往上方，然後將石塊逐步往上堆砌。第二種說法是，用土堆成斜坡，利用滾軸將石塊拉上去，也有人認為，第二種方法土堆的清除是一個很大的問題，因而推測開始用土堆，然後用槓桿。第三種是以木製的滾軸運送，把一根一根的木製的滾軸排列後把石塊放於木製的滾軸上運輸而成的。因為滾軸點接觸摩擦力遠比面接觸的摩擦力來的小，但這個方法只適用於單方向的運輸，而無法多方向的運輸，因此，我們決定運用我們機械科所學的知識來解決此問題。

摩擦力在我們的生活當中可說是形影不離，而摩擦力作用是一體兩面的，好的摩擦力可以用於傳動與制動，所以應增加摩擦力；相反的，不好的摩擦力在生活中和工程上，會產生熱能使機械能受到損失，因而降低機械效能，所以須加潤滑劑以減少摩擦力。

滾輪在人類的文明中也有了極大的幫助，人們運用滾輪減少摩擦力，而摩擦力越少工作效率就越高，或是利用滾輪傳動，在運輸上，如汽車輪胎轉動、飛機場行李的運輸機的運用。

我們在上完課後和老師討論，是否能把摩擦力和滾輪結合而加以運用，而在討論完之後，我們發現一般的滾輪輸送機構以一顆馬達只能作單方向的輸送，而雙方向的輸送就需要用到兩顆馬達，而我們發現這個問題後，我們就決定探討能不能只運用單一馬達來使整個機構能夠使工件作向前、向左、向右並且旋轉的多方向輸送裝置。

貳、研究目的

一般而言，輸送裝置是不容易達到多方向的輸送，而我們整個研究的主題是利用單一馬達經由驅動機構來帶動 4 只市購的 2 英吋 PU 輪(物料運送台車的輪子)產生多方向的移動和旋轉的功能，讓輸送裝置可以僅使用單一動力源(馬達)呈現多方向的移動與輸送，而且必須簡化整個裝置的機構，以使用最少的元件為原則來呈現出輸送系統可以使工件作向前、向左、向右移動並且可以作 360°旋轉的各種功能。

製作的困難度在於一支驅動軸上若要同時配合上兩個驅動機構傳動，而且要能控制不同的轉向，則必須裝置打檔機構，依據功能需求，分析與設計機構功能，尋求最簡便的方法，進而降低元件出錯率，提升機構的可靠度。

參、研究設備及器材

一、研究使用設備

- (一) 車床
- (二) 銑床
- (三) 鑽床
- (四) 鋸床
- (五) 磨床
- (六) 刀具及手工具
- (七) 量測儀器
- (八) 轉速計

二、使用材料

項次	設備名稱	規格	備註
1	輸送輪	2"PU 輪	
2	圓軸	10 mm，表面鍍亮鉻，依加工尺寸	
3	正齒輪	模數 1，齒數分別為 36T、30T、20T	
4	深溝滾珠軸承	6000ZZ	
5	彈簧	壓縮彈簧	
6	固定螺絲	M5	
7	六角承窩螺絲	M6，M5	
8	鋁合金板	AA6061，依加工尺寸	
9	軸固定器	碳鋼，依加工尺寸	
10	驅動 pulley	碳鋼，依加工尺寸	
11	錐形滾輪	PU，依加工尺寸	
12	摩擦圓盤	鋁合金，依加工尺寸	
13	聯軸器	碳鋼，依加工尺寸	
14	直流馬達	DC24V，30W，永磁式	
15	減速機	減速比 1/60	
16	直流電源供應器	DC24V，50W	
17	輔助電驛	DC24V	
18	照光按鈕	DC24V，紅燈	
19	一般按鈕	綠色、紅色	
20	保險絲	4A	

肆、研究過程與方法

本裝置依圖 4 所示之工作流程進行規劃與設計，茲分述如下：

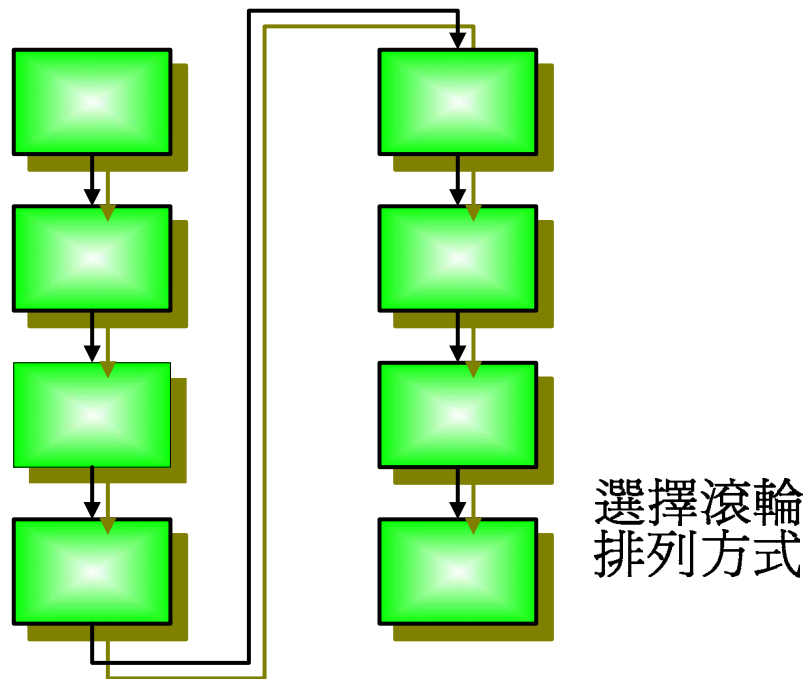
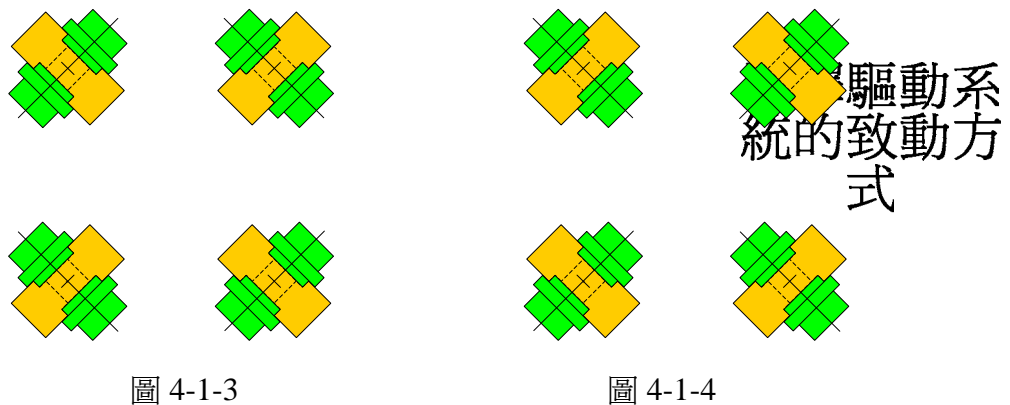
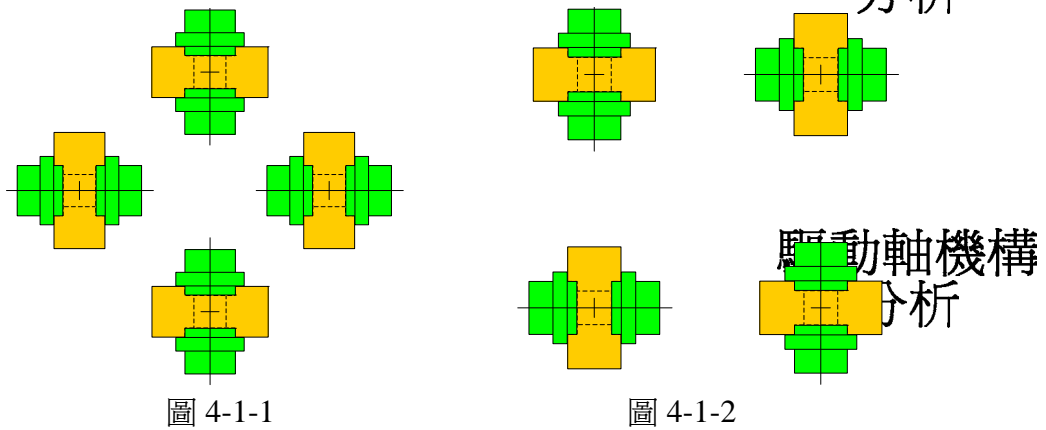


圖 4 工作流程

一、選擇滾輪的排列方式

滾輪的排列方式有四種排列方式如圖 4-1-1~圖 4-1-4



PU 滾輪提供主動摩擦力使得工件藉由摩擦力作用產生運動，依圖 4-1-4 可觀察出四個軸集聚於中心，較易驅動，所以採用此種配置方式，其合力方向及力偶方向符合所設計的輸送功能。

二、滾輪驅動分析

選出滾輪的排列方式之後，我們就可以決定滾輪的驅動方向：

如要向前輸送 FW，則需傳動 A、B 軸，使 A 軸 CCW，B 軸 CW，便可向前移動，如圖 4-2-1。

如要向左輸送 LH，則需傳動 B、C 軸，使 B 軸 CCW，C 軸 CW，便可向左移動，如圖 4-2-2。

如要向右輸送 RH，則需傳動 A、D 軸，使 A 軸 CW，D 軸 CCW，便可向右移動，如圖 4-2-3。

如要旋轉輸送 RT，則需傳動對角任意兩軸，而我們選擇 A、C 軸做為傳動軸，如使 A 軸 CCW，C 軸 CW，便可作逆時鐘方向的旋轉，如圖 4-2-4。

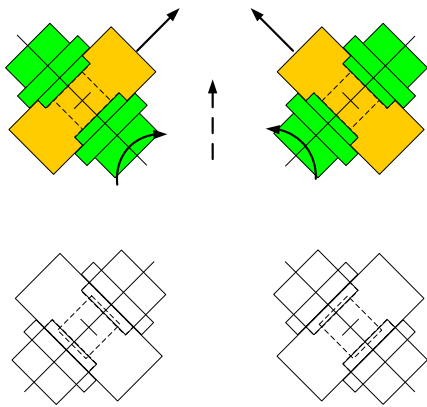


圖 4-2-1 向前輸送 FW

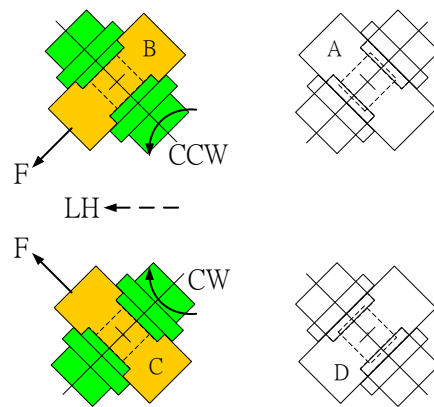


圖 4-2-2 向左輸送 LH

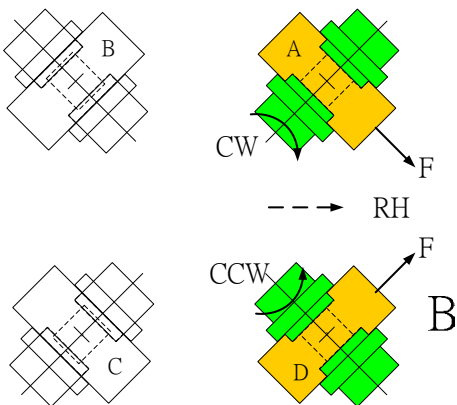


圖 4-2-3 向右輸送 RH

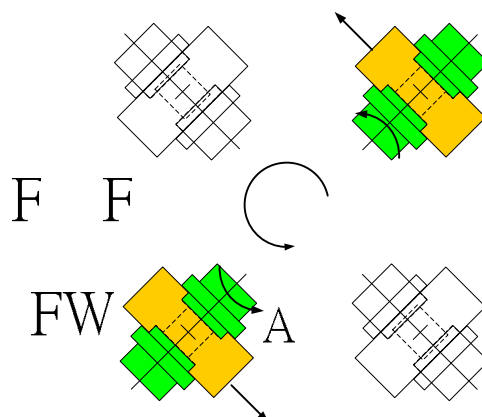


圖 4-2-4 旋轉輸送 RT

CW

CCW

三、驅動軸機構分析

運用簡單邏輯法 NOT 邏輯的互補關係來分析 A 軸、B 軸、C 軸、D 軸應採用正裝或反裝，亦即如何方可適當地造成驅動軸的正轉或反轉，控制滾輪產生正確的轉向，茲分析如下：假設驅動軸的旋轉方向為 CCW 則標示為 A、B、C、D；若驅動軸的旋轉方向為 CW 則標示為 \bar{A} 、 \bar{B} 、 \bar{C} 、 \bar{D} ，依圖 4-2-1~圖 4-2-4 滾輪驅動分析分別填入表一：

表一 驅動軸機構分析表

功能	A 軸	B 軸	C 軸	D 軸
向前輸送 FW	A	\bar{B}		
向左輸送 LH		B	\bar{C}	
向右輸送 RH	\bar{A}			D
旋轉輸送 RT	A		C	
驅動軸選擇	A	\bar{B}	C	\bar{D}

- (一) 對 A 軸言，FW 和 RT 標記為 A，故 A 軸選 A。
- (二) 對 C 軸言，RT 之 A 軸標記為 A，C 軸標記為 C，A 相符，故 C 軸選 C。
- (三) 對 B 軸言，LH 之 B 及 \bar{C} 取互補則成 \bar{B} 及 C，C 相符，故 B 軸選 \bar{B} 。
- (四) 對 D 軸言，RH 之 \bar{A} 及 D 取互補則成 A 及 \bar{D} ，A 相符，故 D 軸選 \bar{D} 。

所以驅動軸之選擇為 A、 \bar{B} 、C、 \bar{D} ，即 A 軸、C 軸取正裝，如圖 4-3-1；B 軸、D 軸取反裝，如圖 4-3-2，故以正齒輪機構配合惰輪完成設計。

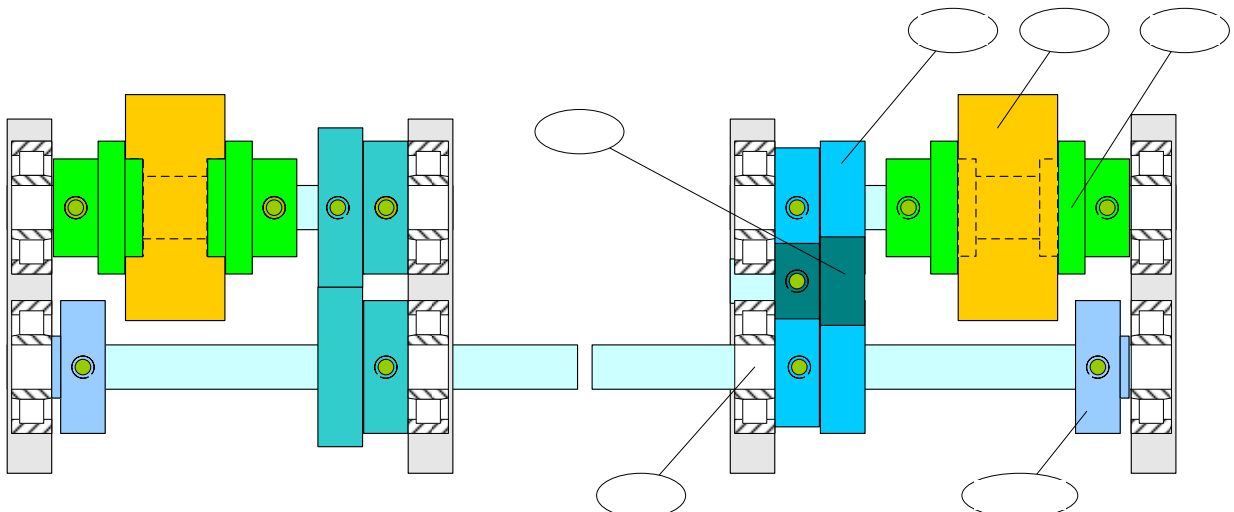


圖 4-3-1 驅動軸正裝

圖 4-3-2 驅動軸反裝

四、選擇驅動系統的致動方式

一般傳動方式分為兩種，一種是撓性傳動，可分為鏈輪、皮帶輪、繩輪，另一種是剛性傳動，可分為摩擦輪、齒輪、凸輪，而這些傳動中我們選擇摩擦輪作為傳動軸的致動方式，選擇摩擦輪的原因是摩擦輪的加工是最為簡單，而摩擦輪和摩擦力一定脫離不了關係。

依庫倫摩擦定律，摩擦力產生在兩個接觸表面之間，與兩接觸面材質有關，與垂直正壓力成正比，而摩擦輪機構需要一定的摩擦力才能驅動，摩擦係數 μ 等於摩擦力 f 與法向正壓力 N 的比值，即 $\mu = f/N$ 。摩擦係數 μ 與兩個物體的表面接觸面積和滑動速度等因素無關。實驗結果證明，對於一般機械加工的表面，摩擦係數 μ 同物體的表面粗糙程度無關；對於很粗糙的表面，因接觸面凸與凹部分交錯嚙合，會使摩擦係數 μ 增大；對於非常光滑的表面，尤其是特別清潔的表面，由於真正接觸面積增大和接觸點粘結強度提高，所以摩擦係數 μ 也會增大。表面越光潔，摩擦係數的 μ 值也越大。

PU 摩擦輪的機械加工與修改較為容易，而且摩擦力之大小僅需調整壓縮彈簧量或增大彈簧線徑即可，所以決定使用摩擦輪來當我們機構傳動的方式。

驅動軸一端之 pulley 參考 V 型皮帶輪 pulley 40° 夾角的 V 型槽輪，希望藉由錐面滾子來連結摩擦圓盤和驅動軸 pulley，以傳遞摩擦功率，摩擦圓盤考量與錐面滾子的可配合及微調，故設計斜面，此機構中彈簧所提供之正向壓力，具有決定傳遞功率的大小，完成機構如圖 4-4。

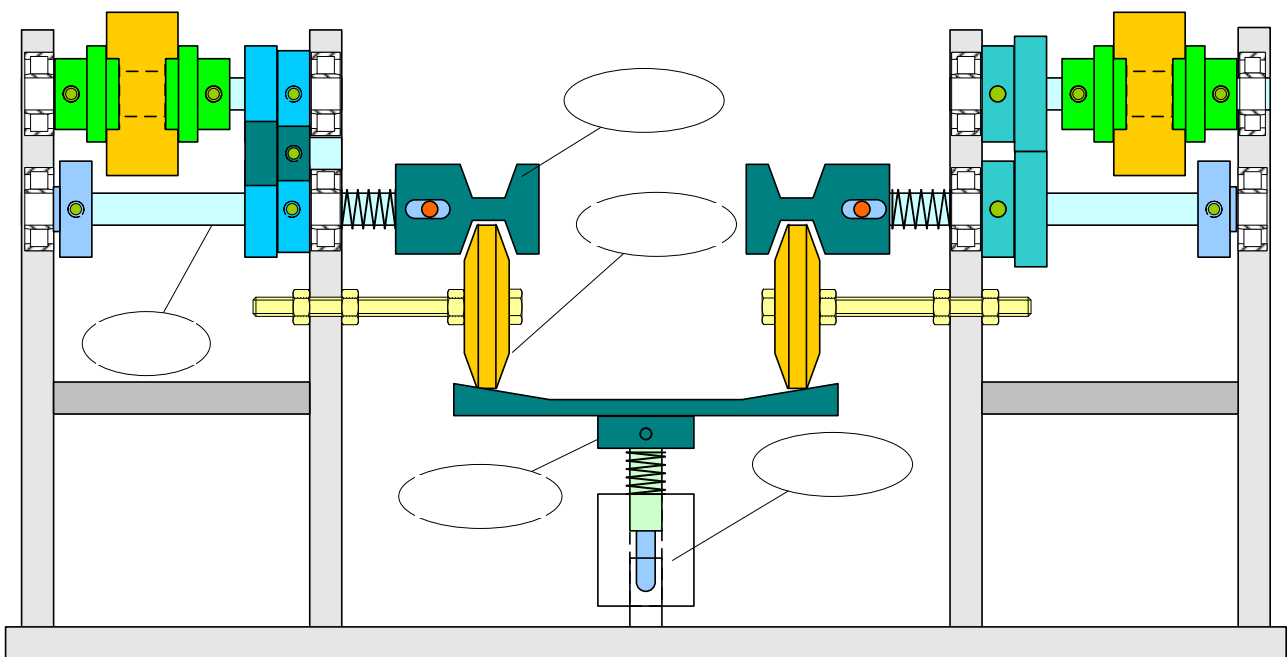


圖 4-4 驅動系統示意圖

五、設計打檔機構

(一)打檔裝置分析

傳動軸之pulley應提供足夠的正向力，所以與軸之配合必須軸向可動，方能壓縮彈簧，得到所需彈力，因為變檔的距離不大所以可以採用手動打檔機構，而手動打檔機構可以免除使用線路的控制以降低機構的出錯率，所以本機構所使用的打檔機構為手動打檔機構，利用手的力量推動把手使滾珠進入孔內來製作暗栓，配合鳩尾滑槽及滾珠暗栓變更所需要的檔位位置，完成打檔機構，如圖4-5-1。

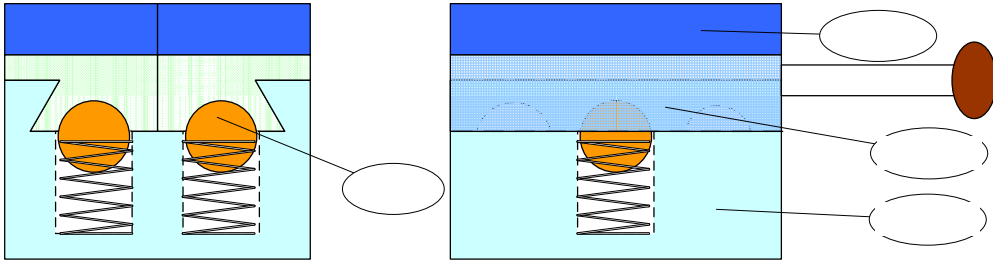


圖4-5-1 打檔機構

依功能分析，配合驅動軸A、 \bar{B} 、C、 \bar{D} ，設計其檔位分析如圖4-5-2。

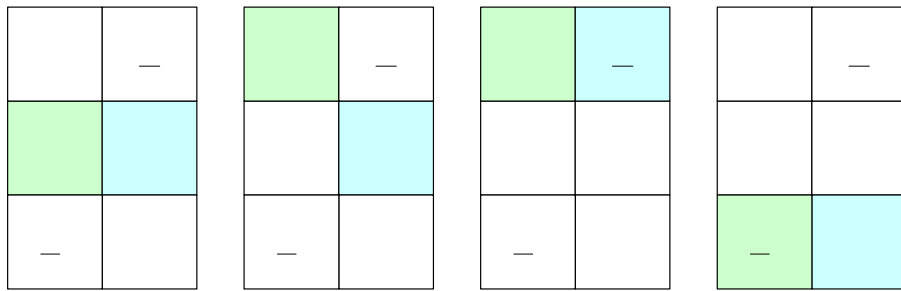


圖4-5-2 檔位分析

(二)摩擦輪Pulley狀態分析

A軸、C軸採正裝設計與錐面滾子配裝如下，其中A、C表Pulley正常狀態如圖4-5-3； \underline{A} 、 \underline{C} 表Pulley壓持狀態如圖4-5-4。

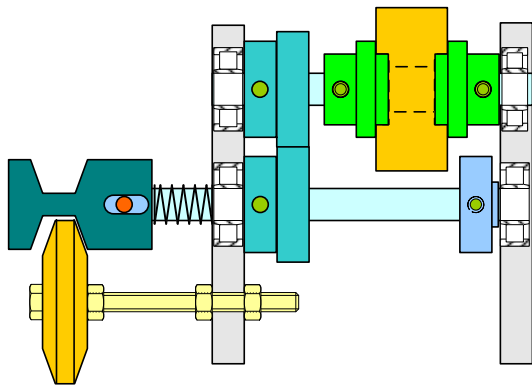


圖4-5-3 A、C正常狀態

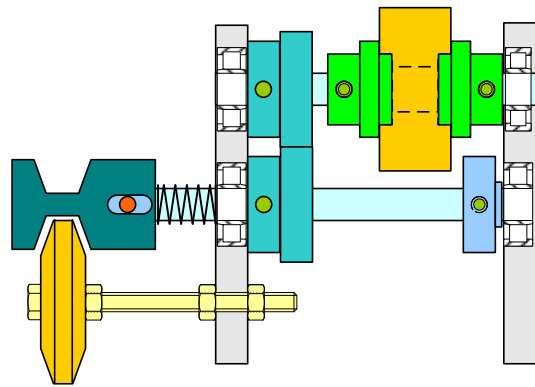
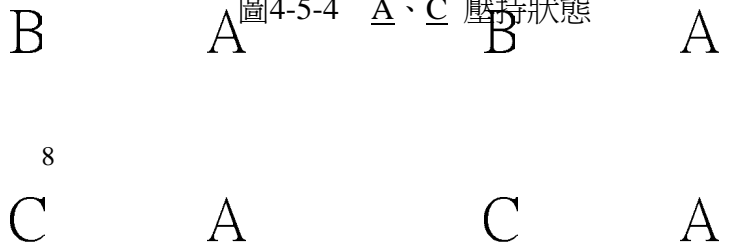


圖4-5-4 \underline{A} 、 \underline{C} 壓持狀態



B軸、D軸採反裝設計與錐面滾子配裝如下，其中B、D表Pulley正常狀態如圖4-5-5；B、D表Pulley壓持狀態如圖4-5-6。

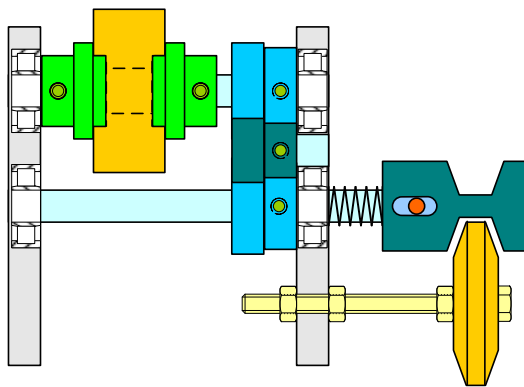


圖4-5-5 B、D正常狀態

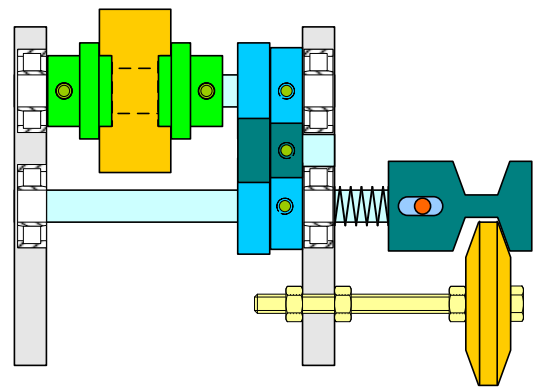


圖4-5-6 B、D壓持狀態

(三) 摩擦輪Pulley加裝萬向滾珠

由於打擋時打擋方向與摩擦輪Pulley可動軸向不平行，有一定夾角，對Pulley而言會產生軸向與徑向兩個分力，其中軸向分力可使Pulley由正常狀態變為壓持狀態，使得驅動軸轉動，但是徑向分力會使Pulley產生偏斜，影響打擋順暢性，故採用鋼珠做成萬向滾珠，如圖4-5-7所示，藉由滾珠轉動釋放徑向分力。

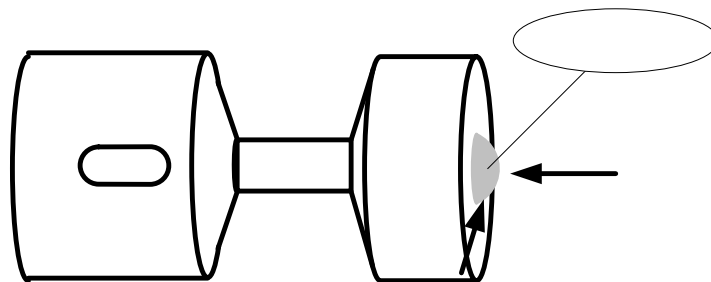


圖4-5-7 萬向滾珠

六、決定致動器

致動器的種類大致上有氣壓缸、馬達，我們選擇了馬達為我們的致動器，而馬達又區分為交流馬達、直流馬達、步進馬達、伺服馬達，我們選擇永磁式直流馬達，其特性曲線如圖 6-1 及圖 6-2。

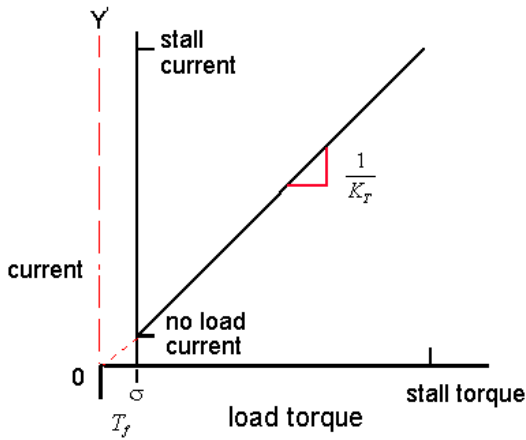


圖 6-1 電流-扭矩特性曲線

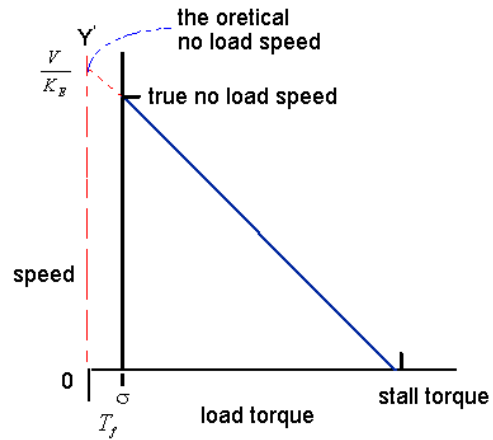


圖 6-2 轉速-扭矩特性曲線

永磁式直流馬達的通磁量為一個與轉速無關的常數，從圖 6-1 及圖 6-2 可以看出特性曲線中電流-扭矩和轉速-扭矩的曲線為線性，屬於控制性能極佳的直流馬達。

七、決定控制方式

(一) 討論馬達功能：馬達轉向與輸送方向關係如表二。

表二 馬達轉向與輸送方向關係表

功能	馬達轉向	滾輪 A	滾輪 B	滾輪 C	滾輪 D
向前輸送 FW	CW	CCW	CW		
向左輸送 LH	CCW		CCW	CW	
向右輸送 RH	CCW	CW			CCW
旋轉輸送 RT	CW	CCW		CCW	

(二) 採用傳統電驛控制

利用機械電學實習所學得的串並聯迴路、邏輯迴路、自保迴路、互鎖迴路、直流馬達正反轉迴路，設計出控制系統，電控盒與電控迴路設計圖如圖 4-7-1 及圖 4-7-2 如示。

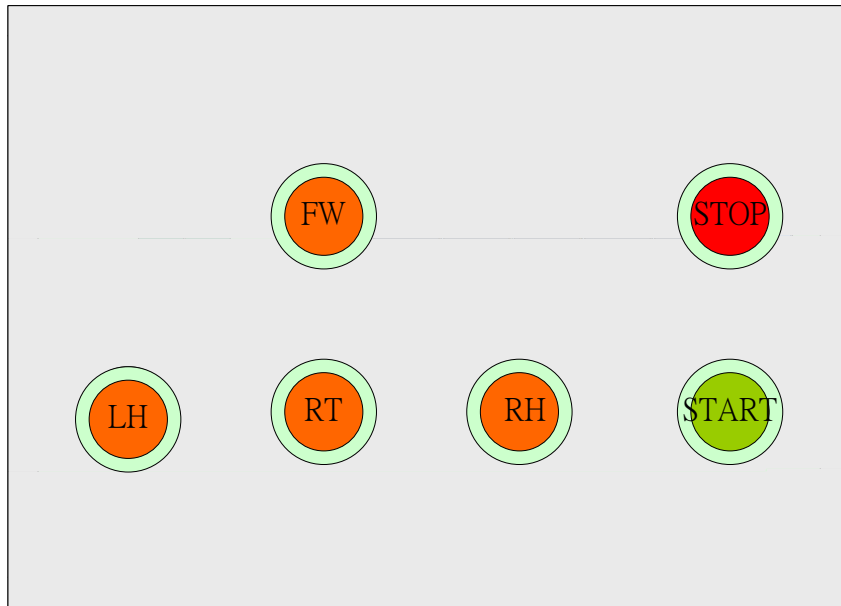


圖 4-7-1 電控盒

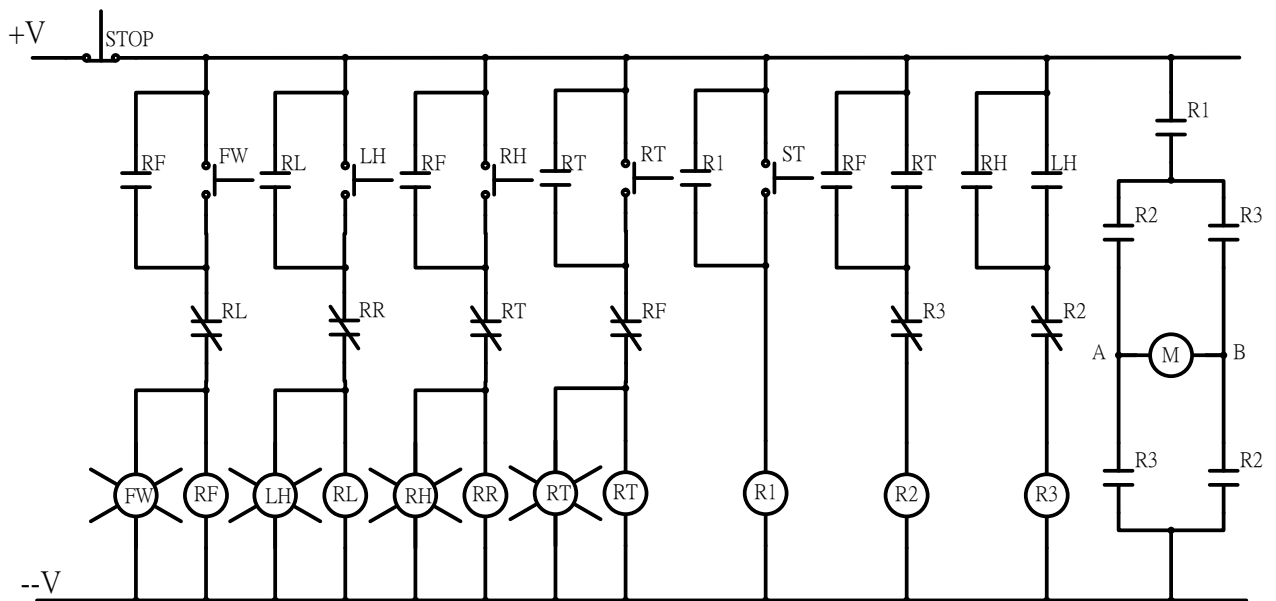


圖 4-7-2 電控迴路圖

八、機械加工組裝：最後完成機械加工與組立作業，搭配完成的電控盒，就可進行本裝置的測試與功能上的提升。

伍、研究結果

一、機械元件加工及組立實體相片

- (一) 錐面滾子：如照片 5-1-1、照片 5-1-2
- (二) 摩擦圓盤：如照片 5-1-3、照片 5-1-4
- (三) 摩擦輪 Pulley：如照片 5-1-5、照片 5-1-6
- (四) 驅動軸正裝及反裝：如照片 5-1-7、照片 5-1-8
- (五) 打檔機構：如照片 5-1-9、照片 5-1-10
- (六) 裝置組立圖：如照片 5-1-11、照片 5-1-12



照片 5-1-1 錐面滾子



照片 5-1-2 錐面滾子貼附 PVC



照片 5-1-3 摩擦圓盤正面



照片 5-1-4 摩擦圓盤背面



照片 5-1-5 Pulley



照片 5-1-6 Pulley 及滾珠



照片 5-1-7 驅動軸正裝



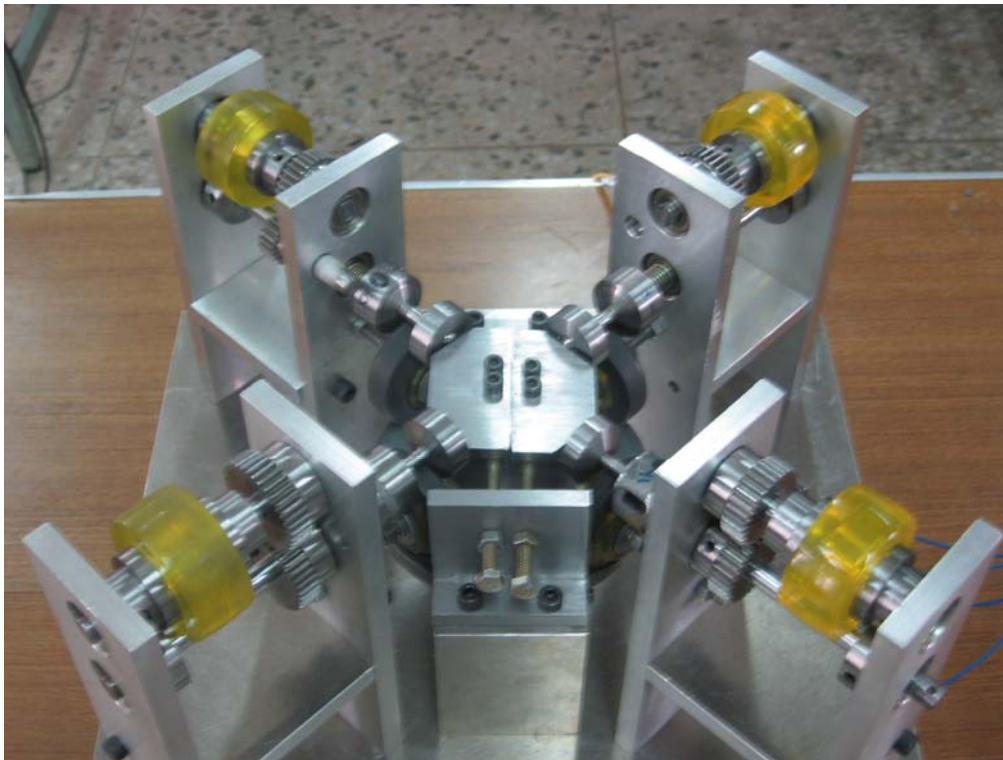
照片 5-1-8 驅動軸反裝



照片 5-1-9 鳩尾滑槽及滑座



照片 5-1-10 打檔機構總成



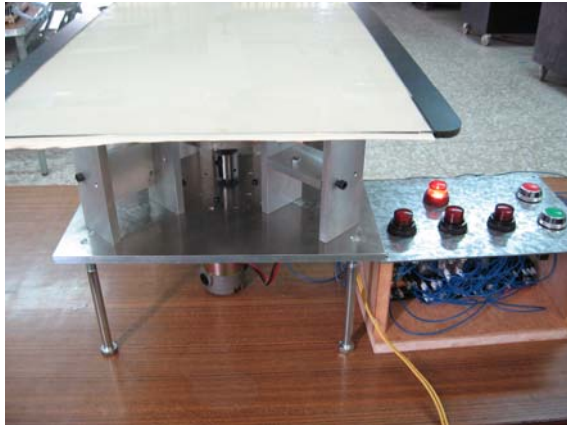
照片 5-1-11 機構組立圖



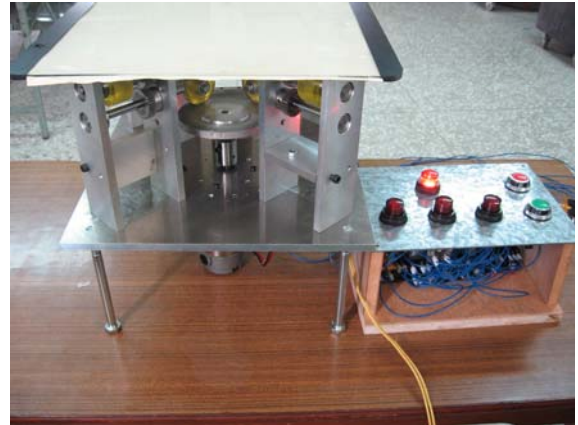
照片 5-1-12 機構組立圖及電控盒

二、滾輪裝配輸送測試

- (一)向前輸送 FW 測試：如相片 5-2-1、相片 5-2-2
- (二)向左輸送 LH 測試：如相片 5-2-3、相片 5-2-4
- (三)向右輸送 RH 測試：如相片 5-2-5、相片 5-2-6
- (四)旋轉輸送 RT 測試：如相片 5-2-7、相片 5-2-8



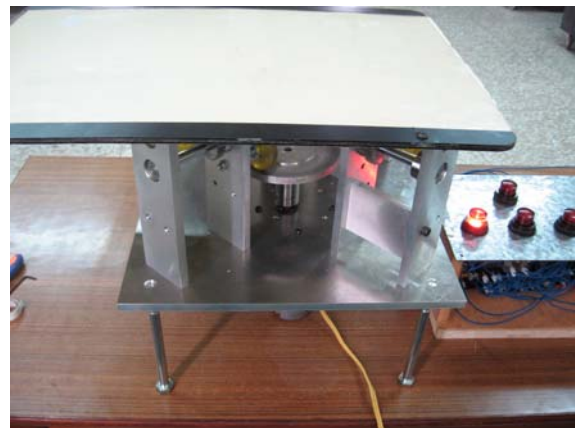
相片 5-2-1 向前輸送



相片 5-2-2 向前輸送動作中



相片 5-2-3 向左輸送



相片 5-2-4 向左輸送動作中



相片 5-2-5 向右輸送



相片 5-2-6 向右輸送動作中



相片 5-2-7 旋轉輸送



相片 5-2-8 旋轉輸送動作中

陸、討論

一、工件移動如何才能更接近直線

- (一)輸送滾輪組應確保摩擦力一致，其合力方向為工件移動方向，可另外製作工件送料盤。
- (二)輸送滾輪組轉速應一致，即不論驅動軸正裝或反裝與輸送滾輪組兩兩配合之正齒輪組齒數應相同。

二、工件輸送速度應如何調整

- (一)本裝置採用減速比1/60的減速機，如欲改變或調整摩擦輪速度，可換裝不同減速比的減速機，惟減速比愈大其效率愈低。
- (二)可利用PWM(脈波寬度調變)技術，藉由調變永磁式直流馬達的樞電流ON的寬度，而能調整馬達轉速。
- (三)可購買馬達原廠所搭配的調速器。

三、驅動軸pulley之正向壓力應如何調整

可藉由調整彈簧彈力來調整，根據虎克定律，彈力 $F=KX$ ，其中 K 為彈簧常數， X 為彈簧變形量，故有兩種方法可以調整正向壓力：

- (一)調整彈簧壓縮量。
- (二)增大彈簧線徑。

四、如何使驅動軸pulley能產生軸向移動而能摩擦錐面滾子

在pulley圓周面上加工滑槽(單槽或雙槽)，並於軸上鑽孔或攻牙，裝上固定銷或固定螺絲限制pulley軸向移動位置。

五、如何降低摩擦輪組轉動的阻力

- (一)齒輪組應與適度潤滑。
- (二)鍍鉻圓軸在機架上應加裝軸承。

六、如何避免驅動軸之鍍鉻圓軸產生軸向滑動

加裝軸限制器，以固定螺絲固定圓軸限制器一端接觸軸承內環。

七、如何提升摩擦圓盤和錐面滾子的摩擦功率

- (一)增加彈力可加裝一內徑較大且線徑較大的彈簧，形成內外雙彈簧並聯。
- (二)當彈力變大時，欲調整彈簧壓縮量，摩擦圓盤軸心需以螺牙及螺帽調整，取代用螺絲SET的方式。

八、機構組立應注意哪些事項

- (一)盡量採用相同規格的螺絲。
- (二)兩零件螺絲接合時不用兩零件都攻牙，否則會兩攻牙面中與螺絲牙面僅能有一面接觸，會造成組裝間隙。
- (三)配合的零件均應適度潤滑。
- (四)摩擦面應以溶劑清除油脂。

九、本裝置若實際應用於自動倉儲系統中，需要提升哪些地方

- (一)可加裝氣壓缸或油壓缸配合五口三位閥(5/3 閥)設計自動打擋取代人工打擋
- (二)可導入 PLC 可程式控制器作中央控制器，並配合觸控式人機介面，強化功能
- (三)可加裝感測器(Sensor)來偵測工件位置及輸送滾輪轉速

柒、結論

一、輸送裝置在倉儲系統中作物料的輸送，扮演重要的角色，本裝置在設計上採用簡單的邏輯分析，經加工組立後，測試裝置功能，可以按照規劃的功能正常運作。

二、本裝置為輸送系統之關鍵單元，若倉儲滾輪系統以矩陣排列方式，可以成為滾輪系統中繼站，扮演著改變輸送物料的方向及旋轉調整盤面姿勢，其示意圖如圖 7 所示。

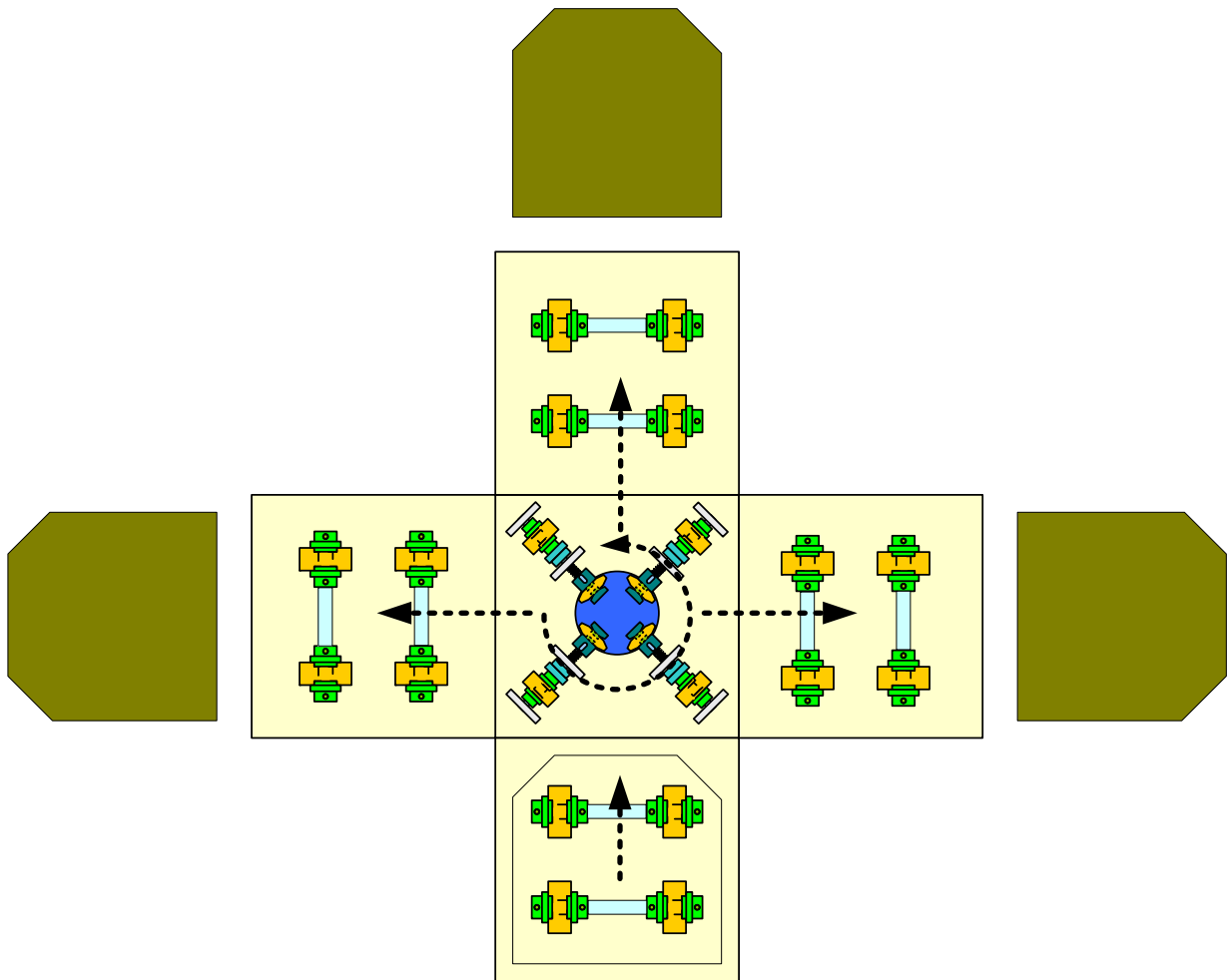


圖 7 本裝置在倉儲系統中扮演角色示意圖

捌、參考資料及其他

葉倫祝 編著，機件原理，全華圖書股份有限公司

陳海清 編著，機械力學，全華圖書股份有限公司

陳天青 廖信德 戴任詔 編譯，機電整合，高立圖書有限公司

金字塔 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php>

直流馬達特性曲線 <http://pemclab.cn.nctu.edu.tw/peclub/W3cnotes/cn05/cn05-1/sec05.htm>

【評語】 090903

1、 本計畫採用四只 PU 輪組，配合四個正齒輪機構設計的驅動軸，並選擇傳統的電驛控制方式，以控制永磁式直流馬達的單一動力源並設計出多方向輸送機制。本文構思頗具實用價值，報告之撰寫亦屬完備。

2、 若能在展示平台之樣板大小及實際操作上多加努力，或拍攝出其實際可用之過程影片，則本計畫之價值將更高。