

國立中興大學機械工程學系  
專題製作

負載面自動平衡機構

指導老師：邱顯俊 教授

組員：許淑雯

曾明揚

吳東陵

高正一

中華民國九十三年十二月

# 目錄：

壹、前言

貳、目標與功能需求

參、結構分析與材料選擇

肆、成品實作與測試

伍、結論與未來展望

陸、心得與感想

柒、致謝

捌、參考資料

## 壹、前言：

科技的發展趨勢本是基於人性的需求，以造福人群為主旨；在這樣的基礎之下，便利，舒適，簡單與容易便成為技術走向的宗旨，因此針對現今一般行走物體的平衡狀態作進一步的探討。現今一般常見的車體，行走於各種坡道時，車體本身會隨坡度的不同，與水平線呈現不同的夾角，因而限定其應用範圍，若能針對此點作進一步的改良，讓負載面可自動調整至一穩定狀態，讓車體可搬運更多樣式的物體，增加其功能性，擴展使用範圍，達到節省人力，物力與財力的目的，同時也是此專題最主要的目的。

早期，因應特殊情形的需求，這類的裝置常用於特殊用途的工程車，如火星探測車為適應崎嶇陡峭的地勢並兼顧運送纖細敏感的貴重器材，在此考量下發展出此裝置；而近期，為追求更經濟的運輸方式，更便利的生活品質，已有公司對此功能做進一步研發，希望可做到低成本高生產效益的目標，所以整個專題的設計最高原則以結構簡單，製作容易為最高原則。

而本組對於此一專題的最終目標是希望可以設計、發展出一組可模式化的產品，亦即為針對不同的狀況、地形、使用需求時，可即時調整，增加產品的實用特性。因此，整個專題內容將環繞在如何設計出可達成原先預設目標以及在不更動預設規格的情形下將產品製做、組裝的過程簡單化、規格化、以期能達成產品模組化、經濟、適應性高的特性。

## 貳、目標與功能需求

### I、專題說明：

初步介紹車體的基本需求，設計功能與結構

### II、設計構思與設備需求：

針對車體各部位，做分析說明，並選定最適架構，製作方式與設備說明

### I、專題說明

依據前言所述，此專題题目的著重點是在於——負載面的自動平衡，並且可知此專題的用意是希望能找出一種易於大量製造，可獨立成爲專一功能，也可便於架設於其他產品之內，增加商品的附加價值；指導教授基於這些因素，會談團員們討論此主題，總結出對此車體的基本需求，功能，格式與相關事項，如下：

#### (1.)設計功能：

可任意行走於斜坡 20 度以下的坡道，並保持負載面的平衡。

#### (2.)應用特色：

此專題最主要的特色是：負載面保持爲水平，依照此特性將此結構做實務上的應用，如：運送高爾夫桿，幫人提重物，餐廳送菜的服務…等功能，可替代人力與物力，節省財力上的耗費，達到便利人群，服務大眾的美意。

#### (3.)設計原則：

結構愈簡單愈好，能便於大量製造者更加，而車體所需結構以市面上的現有元件爲主，如此可使用原有的生產線來製造零件，減低生產資本，加快成本回收。

#### (4.)限定格式：

- (1) 負載面的平台約 A 4 紙張的大小，可承受約 1 公斤重，而車子行走速度約為 6 k m / h r 。
- (2) 限制條件：為減少分析變數的過多造成設計上的困難，因此本組在設計時預設限制條件以減少若干變數的影響。

**限制：路面無凹凸不平或非連續性平面**

與指導教授會談後，團員們針對此專題的製作內容做數次的小組會議後，決議採用分工合作的方式，平均分配工作，避免不必要的時間等待，使專題如期完成，因此依照人數與專題內容均勻配置。

#### 車體結構分爲主要四大部分：

- **平衡結構：**

主要負責負載面的運動方式，結構的設計，力學分析與製造。

- **控制系統：**

主要負責負載面的控制系統，包括控制功能，電路分析與設計，還有製作。此部分的功能與平衡結構兩者間的關係如同人體，平衡結構像是人體的骨架，控制系統則像人的神經傳輸系統。

- **3D 繪圖與電腦模擬：**

主要負責設計圖的電腦描繪、模型 3D 繪圖和電腦模擬。

- **動力裝置：**

主要負責車子的一切動力設備，車子底盤製作，動力與速度分析，以及實

務工作。

將整個專題的工作做初步的規劃，依照每個人的意願與需求，經過溝通和協調，每個人都有屬於自己專屬的工作，但為避免形成各自獨立製作，無法整合的局面，團隊成員一致認同對於整合問題，每周做一次的搭配和調整；同樣地，當專題進展到不同階段時，造成某部份的工作負荷過重，會做人手的調動，以確保專題的進展。

## II、設計構思與設備需求

根據題目所需，本組組員各自著手尋找相關參考資料，從中選出合適主題的內容，並逐步構思，設計出屬於我們的車子，這也是本章的主要收錄內容，其排序方式將從車體的四大部分來說明，介紹的內容也會依照專題的著眼點——平衡結構與控制著重於設計構思，轉向與動力著重於設備應用，來做適當的調整。

### 第一節 平衡結構

平衡構造的主要目的是與控制部分互相搭配，共同完成平面保持水平的目的；而保持水平的方法主要分兩類：

#### 甲、主動式：

主動式是先偵測到前方地形的變動，搭配所得資訊讓負載面與地形同步進行變動，達到調整負載面平衡的功能。

#### 乙、被動式：

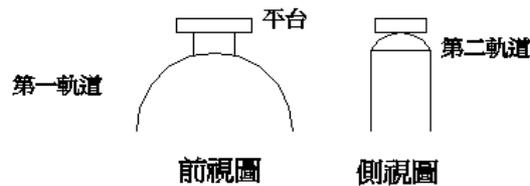
主動式與被動式的不同點是：被動式則是先感測到地形已經變動，再進

行調整的動作，會有些微時間差的產生。

這兩種方式中，依照教授的指示，此專題的重點內容以被動式的為主；而在這被動式之中，又可分成兩大方法：經緯線式與單一軌道搭配旋轉台的方式，而這兩種方式有許多不同的實作法，以下將依序說明。

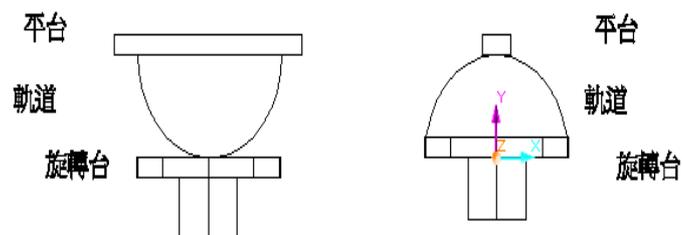
### (A) 經緯線方式：

如同經緯線的標示法，擁有兩個方向，在曲面上架設一軌道，其座標方向與車頭行進方向平行，第二方向軸的軌道橫向建立在前述的軌道上，負載面則架在第二軌道上，於是構成一個呈現曲面狀的經緯線座標系統，來達到保持水功能，如下圖所示。



### (B) 單一軌道搭配旋轉台：

此方式先將軌道建構在旋轉台上，而旋轉台會依車子行進的情況，做適當的角度旋轉，所以旋轉台上的軌道可依照情形來調整負載面，此運動原理如同現今軍事炮台的砲彈射瞄準方式。



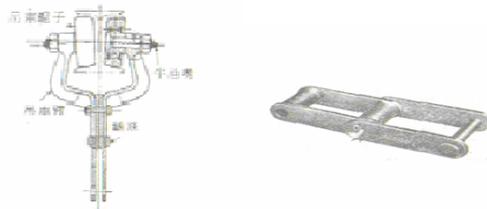
- 各種運動方式的實作說明：

(A) 經緯線結構的實作法：

可分為下述的兩種方式：

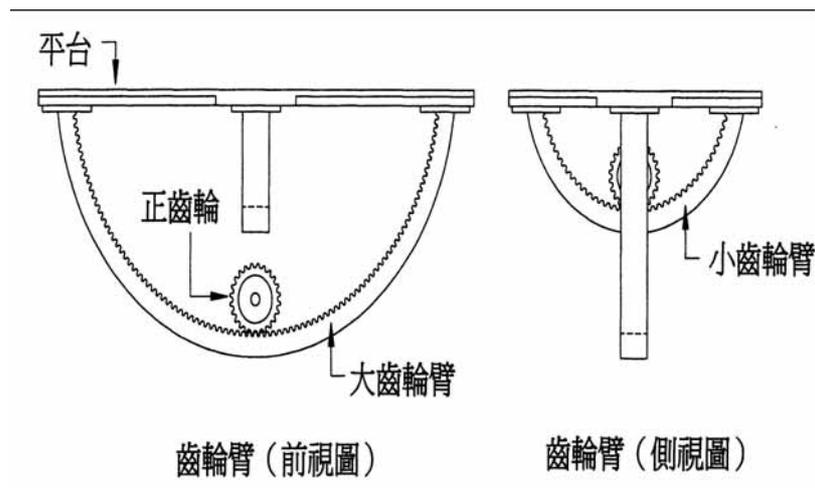
<I> 兩輪軌道式：

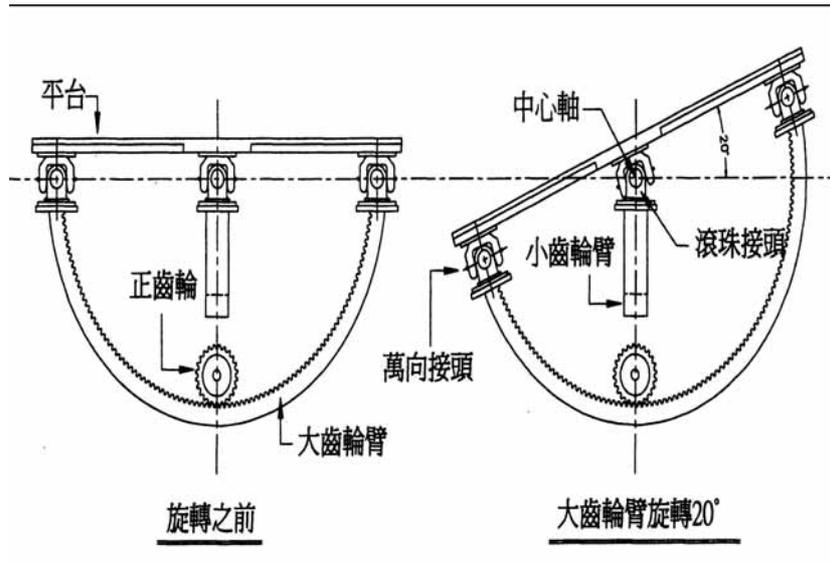
承前述的運動方式，軌道上以輪子來銜接；為了當車子在斜坡上作不同的行進方向時，軌道上的輪子可以順利且不脫離軌道的轉動，所以採用懸吊式運輸系統的輪子和軌道結構，如下圖。



<II> 雙內齒輪式：

不同於雙軌道式的向外發展的方式，雙內齒輪的特色是向內發展，如下頁的圖示。





## (B) 單一軌道搭配旋轉台的實作法：

單軌道與旋轉台各自有不同的製作方式，兩者互相搭配組合可產生多樣的種類，在此先從旋轉台的運轉方式來切入說明。

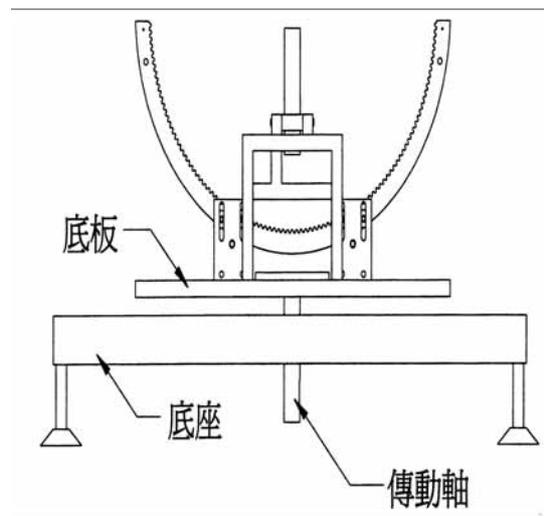
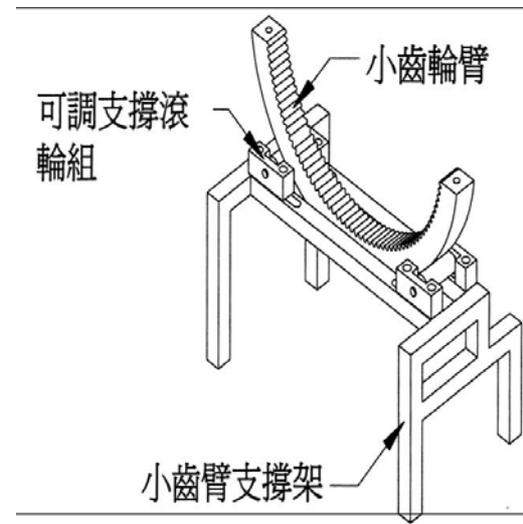
### <I> 旋轉台：

- (1) 直接將旋轉台的軸心與馬達間裝設齒輪，馬達帶動齒輪，齒輪傳動軸心，使旋轉台轉動。
- (2) 直接用皮帶輪當旋轉台，以皮帶的方式來驅動旋轉，同樣可符合需求。
- (3) 將旋轉台中心挖洞，中心的孔洞位置直接裝入馬達的輸出軸。
- (4) 將旋轉台的中心軸下方架設鍊條，利用腳踏車的傳動方式，藉著鍊條在中心軸與馬達輸出軸間，建立用運動關係。

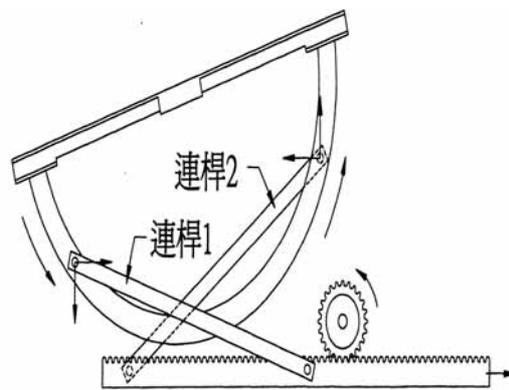
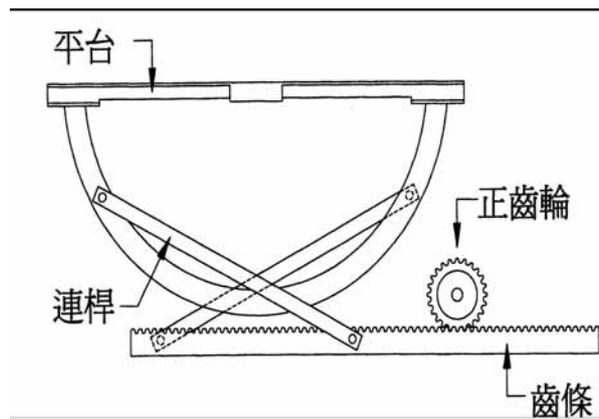
### <II> 單一軌道：

- (1) 單一內齒輪：

(a) 利用內齒輪的齒型充當軌道，當旋轉台旋轉到某一特定方向的時候，單內齒輪會作適當的角度調整。



(b) 不同於 (a) 的方式，此方式是將傳動軸建立在內齒輪的外側，利用齒條的與連桿的關係，來完成運動目的。



(2) 單一外齒輪：

與單內齒輪的不同點在於，齒型環繞在外部，其支撐基座的構造不同於內齒輪的支撐基座，複雜度減低許多。

(3) 單一輪軌：

以之前介紹經緯線的雙輪軌模式，減少一個軌道，再配合一個旋轉台的方法，來達到功效。

● 各種結構的分析：

(A) 經緯線方式：

<I> 雙輪軌道式：

結構較複雜，極富挑戰性，製作時須注意動力源與輪子連結關係，此外，在各種不同角度時，輪子的受力情形及轉動的狀況，須配合適當的止滑裝置，讓輪子轉動到合適位置時，可固定不動，而動力裝置與控制系統的架設方面，存在過多的複雜性，可能造成成品的規格與成本提升，有違設計之原則。

#### <II> 雙內齒輪：

運作的結構和受力情形與雙軌道式相較之下，有簡單化的走向，此結構與動力源的連接關係簡單明瞭，並可將重心內移壓低，但需要另做兩個支撐的基座，減少內齒輪的支撐力，以便延長適用壽命。

#### (B) 單一軌道搭配旋轉台方式：

##### <I> 旋轉台：

- (1) 利用齒輪來傳動，構造簡單，製作容易，但須需注意速度的轉換是否過於複雜。
- (2) 以皮帶輪當旋轉台，用皮帶來驅動旋轉，皮帶輕可橫放。
- (3) 直接在旋轉台的中心孔洞位置裝入馬達的輸出軸，雖是最快最簡便的方式，但輸出轉速卻不一定始恰巧滿足需求轉速。
- (4) 將旋轉台的中心軸下方架設鍊條，鍊條較重橫放要注意是否能順利運轉。

##### <II> 單一軌道：

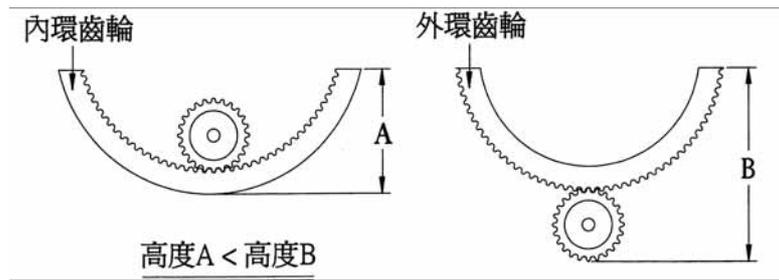
###### (1) 單一內齒輪：

- (a) 與經緯線式的雙內齒輪相較，此結構更簡單，不需考慮兩個內齒輪彼此之間的位置關係，但須再加裝一個旋轉台。

(b) 與 (a) 相比，結構較複雜，可能會增加不必要的能量損耗，也需要一個旋轉台，至於支撐架的加裝與否，則依負載的重量來決定。

(2) 單一外齒輪：

造型較簡單，製造費用較低，可用常見的正齒輪替代，但仍需一個旋轉台，且成品所需的高度較高。



(3) 單一輪軌：

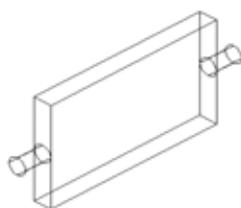
與經緯線式的雙軌道相比，兩者間的注意事項相似，但因為只有一個軌道，可壓低重心，外型上也較簡單，擔憂之處不如雙軌道嚴重；雖比雙輪軌道簡易，若再與其他單一軌道的構造相比，繁雜性仍偏高。

● 主要結構的製作評估表：

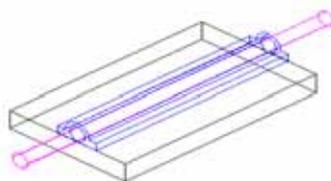
	實作法	優點	缺點
經緯線式	雙輪軌	定位的準確度極高	成本過高
	雙內齒輪	經緯線中結構最簡單	準度不如雙輪軌，結構仍屬複雜
單一軌道 搭配 旋轉台	單內齒輪(a)	有相關參考資料	載重不可過大
	單內齒輪(b)	造型有特色	佔平面空間
	單外齒輪	結構極簡單	準度有限
	單輪軌	為單中準確性最高者	結構偏複雜

從前面的分析中，經過小組的討論，依設計原則的觀點論之，選定以單一軌道配合旋轉的方式來製作，其中又以單一外齒輪的方式最為簡潔，因此決定朝此方式來製作，而此方式所需的支撐基座，有下列的三種方式：

- (1) 如同古早的木門方式，負載面本身衍生出橫向支撐桿，兩旁架設直立支撐架。

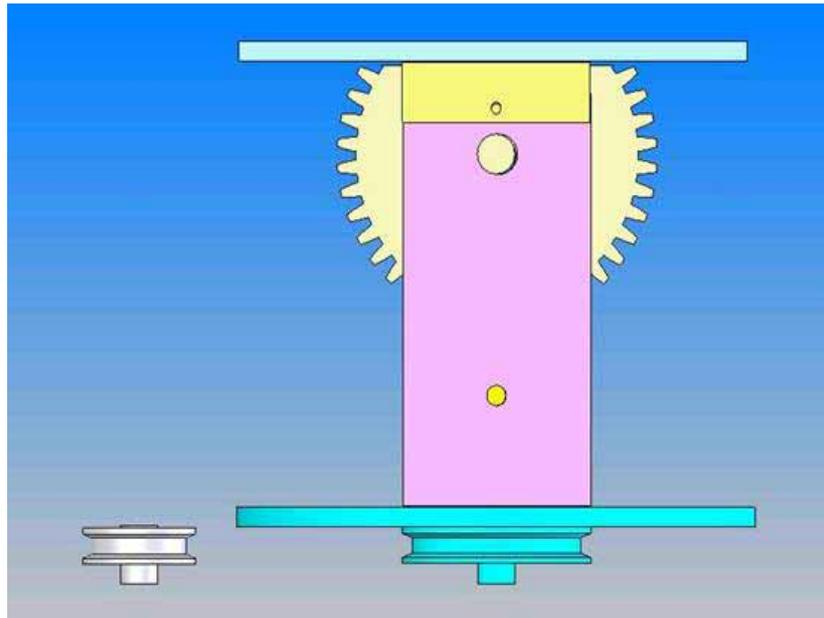


- (2) 如同翹翹板的方式來負責支撐工作，與第一種方式不同點在於，橫向支撐桿是另外加裝。

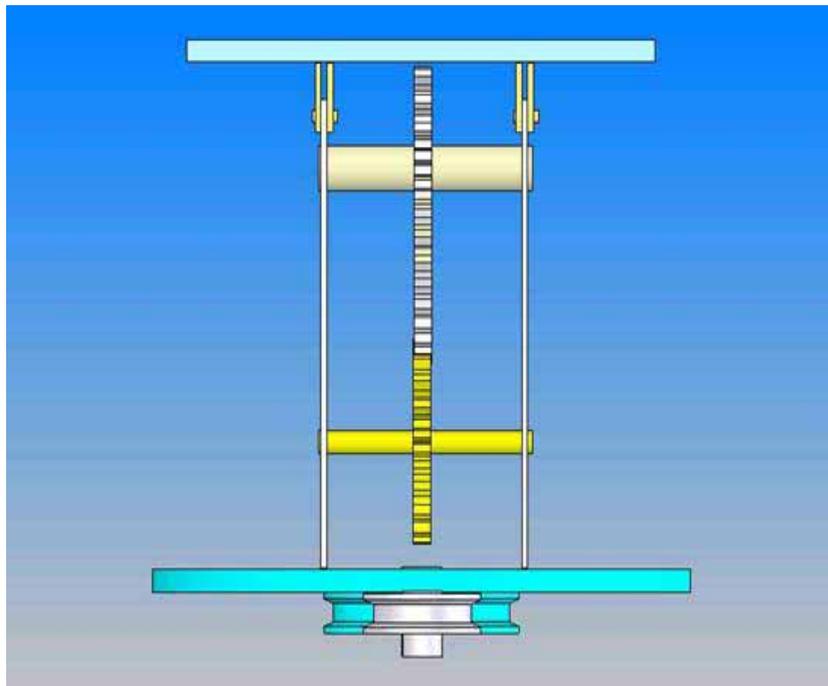


- (3) 如同 p i n 的方式，在負載面下方作支撐點。

從上述三種方式中，如果選擇以古早木門的方式來製作，此裝置最脆弱的部分便是負載面延伸出橫向支撐桿的交接處，有斷裂之慮；若是以翹翹板的方式去製作，橫向支撐桿固定於負載面的方式比又比第三種方式繁雜，因此選用的第三種方式來製作，下圖即為平衡結構的雛型圖。



右側視圖



前視圖

## 第二節 控制系統

順著設計原則與平衡結構的概念，選用簡單的電路設計與感測元件，配合適當的順序控制，來完成負載面的平衡控制；這樣的控制系統，具有：

- 優點：方便控制，造價便宜與測試便易的
- 缺點：有無法提供過多功能的遺憾
- 

下方依序是控制系統的基本功能，設計概念，架設位置，電路圖和時序圖：

- **基本功能：**

- (1) 可調整負載面的平衡定義。
- (2) 可調整負載面的前後傾斜。
- (3) 可調整負載面的左右失衡。
- (4) 具有警示燈功能，告知負載面的處於”調整狀態”。

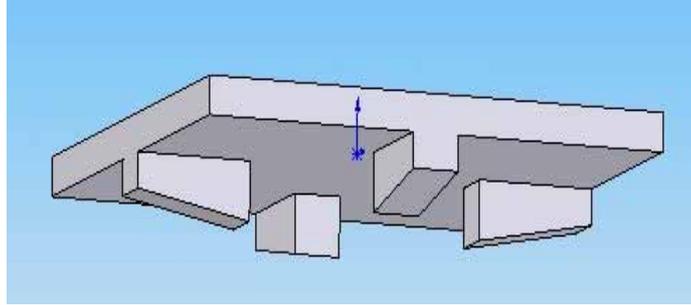
- **設計概念：**

當負載面傾斜時，水銀球移動到另一方，因而啓動電路線路，傳輸訊號予制動器來調整角度；這樣的感測方式，可以藉由水銀感測器裝設角度的不同來定義平衡的範圍。



- 感測器與負載面的位置關係：

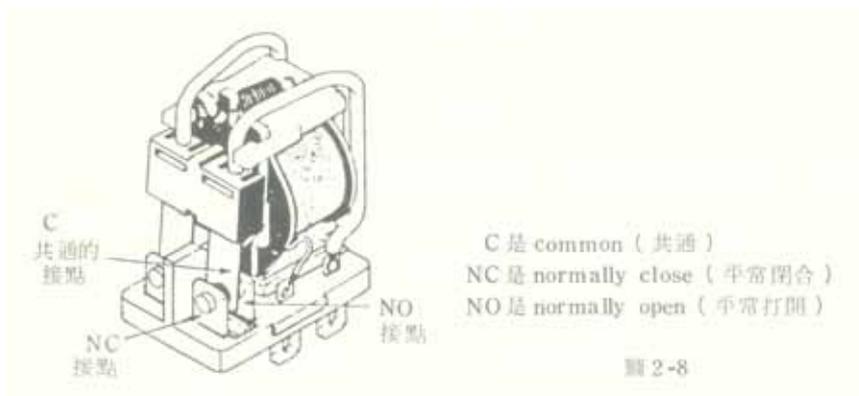
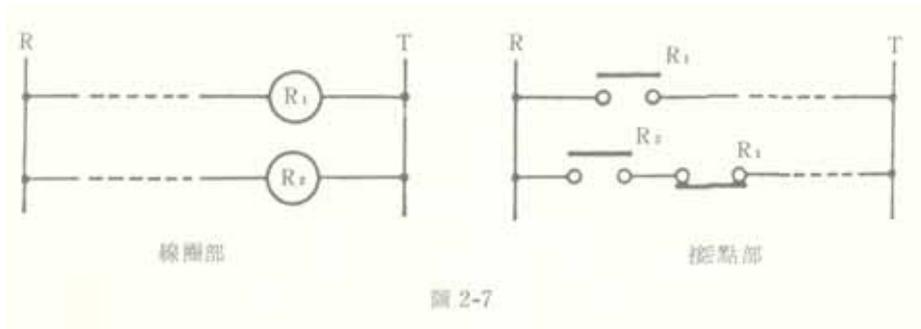
感測裝設在負載面的下方，如圖所示。



- 繼電器：

繼電器 = 電磁鐵的線圈部 + 電路開關之接點部，一般繼電器有數個接點，

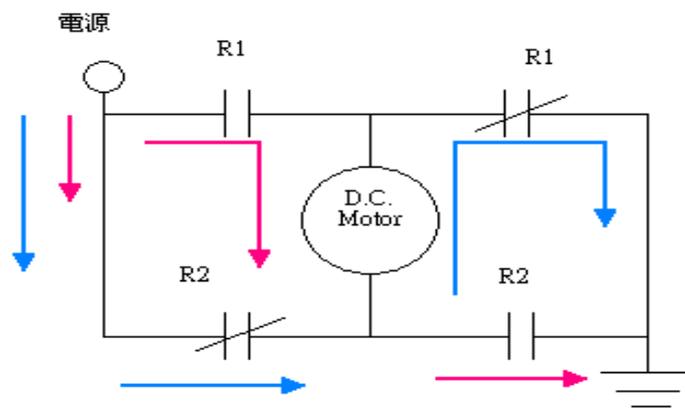
如圖：



R 1 是兩個接點的繼電器，接點部的符號也為 R 1，圖 2 - 7 的 R 1 為圖 2 - 8 中的繼電器，當電流通過，繼電器產生勵磁，C 點與 N O 相接成通路而，

N C 路線即成爲斷路。

繼電器用來控制馬達的正反轉，下圖是繼電器的示意圖。紅線和藍線分別代表馬達電流的方向。當繼電器的線圈是斷路時，電流將如藍線所示，先經過 R 2 的常閉接點，流經馬達後，再經過 R 1 的常閉接點。若線圈被激磁成通路後，電流將如紅線所示，先流經 R 1 的常開接點，經過馬達後，再流過 R 2 的常開接點。它的關鍵在於繼電器是否被激磁。所以，只要能控制繼電器的線圈是否通電，就能控制電流的方向，決定馬達的正反轉。



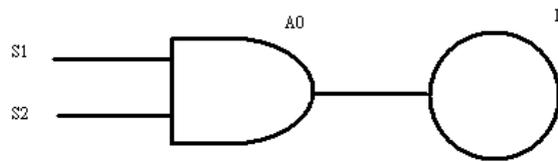
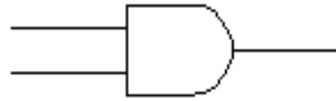
- 電路設計：

- (A) 方法一：

使用AND邏輯閘，當電源開關（on-off = S 1）尚未啓動時，所有功能皆不會啓動；S 2 開關關閉時，表示正在定義”平衡的範圍”，警示燈（L）啓動告知”調整中”，所以 sensor 不提供訊號輸入，使其保持關閉狀態。當 S 1 閉合（通路），輸出訊號爲 1，反之爲 0；當 2 S 閉合（通路），此時輸出訊號爲 1，反之爲 0。

$$F(x, y) = xy$$

x	y	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



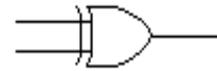
S 1	S 2	警示燈	結果
0	0	0	無動作
0	1	0	無動作
1	0	0	電源供應，啓動感測
1	1	1	調整狀態，關閉感測

當 S 2 閉合時，使感測器系統不產生作用；當電源開始供應，且 S 2 打開，水銀感測器收到訊號，接通電路，啓動馬達，使負載面達到平衡狀態。

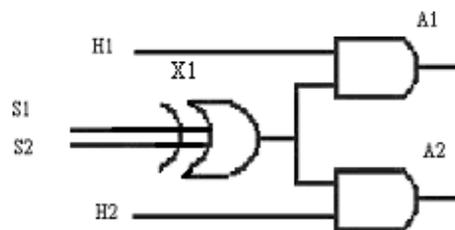
其方式是在四方各裝設一水銀感測器 H 1、H 2、H 3、H 4；H 1 與 H 2，H 3 與 H 4 分別負責感測左右方與前後方的傾斜。將水銀感測器的輸出訊號接至邏輯閘 A 1、A 2、A 3、A 4，且 A 1 與 A 2，A 3 與 A 4 分別處理 H 1 與 H 2，H 3 與 H 4 的訊號。

下方為感測系統與電源系統同時啓用，左右方向的感測邏輯圖與真值表：

$$F(x,y)=X\oplus Y = X\bar{Y} + \bar{X}Y$$

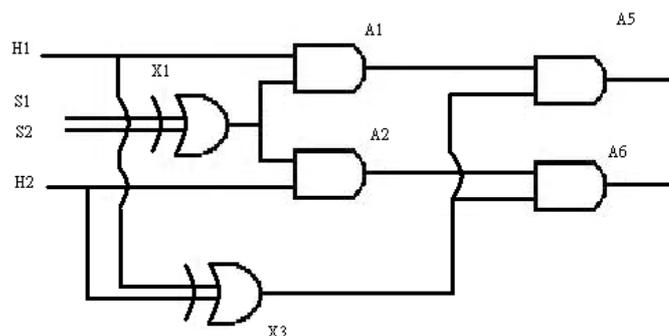


x	y	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



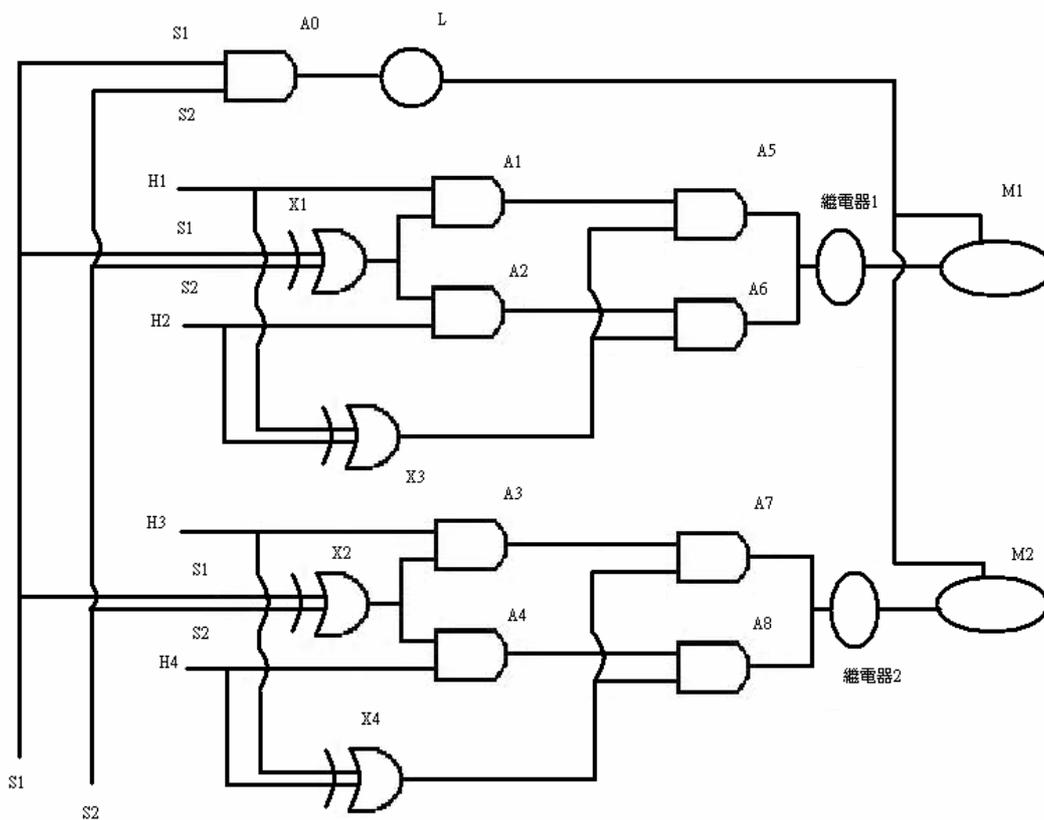
S 1	S 2	H 1	H 2	X 1 輸出	A 1 輸出	A 2 輸出
1	0	0	0	1	0	0
		1	0	1	1	0
		0	1	1	0	1

雖然在正常使用下，負載面放置物不會使負載面產生彎曲，所以H 1、H 2 不會同時輸出 1 的訊號，但為避免這樣的情形發生，讓馬達同時接到 1 的訊號，在A 1，A 2 的輸出訊號之後，再搭配AND 與XOR 邏輯閘，如下：



H 1	H 2	X 3 輸出	A 1 輸出	A 2 輸出	A 5 輸出	A 6 輸出
0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	0

最後，將A 5，A 6分別連接馬達，使馬達（M 1）正反轉，達到控制效果；前後方的控制方式如同左右方向，因此以此類推，整個邏輯圖便可完成，如下頁的圖示。

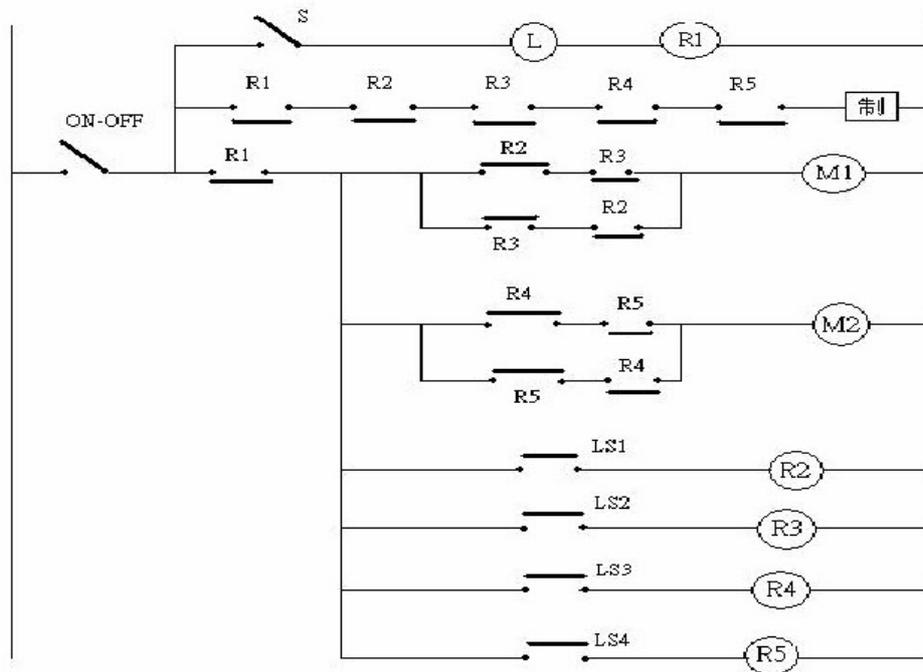


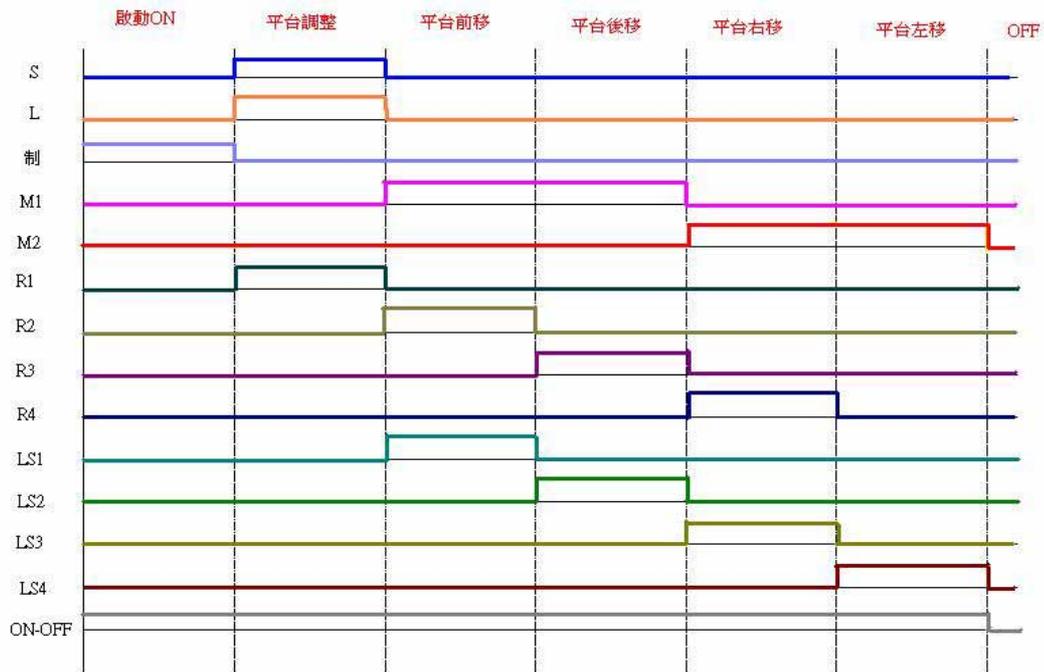
(B) 方法二：

設計理念與邏輯關係，與方法一相同，但是以繼電器的功能來代替邏輯閘，所以其功能、性能與方法一相同，如下圖。

代號說明

代號	R	制	L S
名稱	繼電器	制動器	極限開關





時序圖：經由不同的時間區塊，可看出電路的優先性和作動特性。例如：平台調整時期只有 S、L、R1 有動作，其餘元件皆無動作。

● 總和比較：

	製作方式	優點	缺點
方法一	以邏輯閘為主	較精準	需加裝放大器
方法二	以繼電器為主	製作容易	較不準確

從這兩種製作方式的表示，我們認為全部以繼電器的方式來做，既省時又省力，結構也比較簡單，而且誤差值也在容許範圍之內，所以不需要投入過多的時間與人力，做無謂的繁雜事務。

### 第三節 避震設備與轉向

- 避震系統：

避震系統包括了：避震器、彈簧上座、平衡桿以及各連桿支架。當車子遇到路面坑洞起伏或者是在彎道中行駛，彈簧會做壓縮動作，減低車體振動，但因彈簧因壓縮而有反作用力，會持續上下運動，於是設計避震器抑制彈跳，來消除多餘的反作用力，如此才能讓車體保持平穩的安定性。而連桿支架與避震器上座，能讓路感正確的反應在彈簧與避震器上，達到原設計施力點與受力點正確的位置，至於平衡桿的功能則可讓車在彎道中所發生的側傾現象做反向抵消，減少過多的晃動，得到最佳安全操控的特性。



(A) 避震器：

- 基本認知：

狹義的避震器構造乃是由俗稱的鋼管筒身及筒心蕊所組成，廣義的避震器構造則還包括托底座、彈簧後座、上支撐座（魚眼上座）等；其筒身內包含：活塞桿、油封部、蓋板、儲氣室、上活塞室、活塞部、下活塞室、底閥部、塞頭等。

主要的作動原理係指在筒身內的活塞上開一小孔，利用填塞於汽缸內的液壓油活動，以達到降低活塞作動的速度，這種降低活塞作動速度的力量稱之為減震力，我們以阻尼比表示之。避震器可以吸收彈簧於往復作動時的應力，達到提昇操控性及駕乘的平穩性。

- 種類：

通常避震器由原理區分，可分為液壓式與液、氣混合式，由種類區分，可分為單筒、雙筒兩類，但又可細分為筒心蕊內插式及非內插式兩型。

液壓式與液、氣混合式的區別，按字面上的解釋，簡單的來說就是指消弭來自路面彈跳力的成份不同，一為液態，另一為液、氣混合模式，至於避震器的種類大致可分為以下兩種：

<I> 單筒式：

單筒式的避震器其構造較簡單，組裝起來亦較方便，但其加工的細膩度要求比雙筒式高，不利於大量生產。不過其氣室和液壓油室完全分離，在高壓的狀況下，不會有空穴的現象產生，所以在嚴苛的使用環境之下，仍可發揮高水準的穩定性能。

<II> 雙筒式：

相反地，雙筒式的製造成本較低，利於量產，而且其內封氣體屬於低壓氣體，和高壓的單筒式相較，活塞作動時感覺比較柔軟舒適。

● 阻尼比：

阻尼比是用來界定避震器的標準，它的單位是  $Kgt$ ，即是指固定的速度壓縮或拉伸避震器所產生的阻力。至於避震器為阻力的產生是因為大氣壓力或其他因素的存在。倘若無這些因素存在，避震器的阻尼比為 0，當彈簧受力並呈現往復式的運動時，理論上彈簧受力往復作動將會永無休止；若汽車的懸掛如此，那等於是開部跳跳車一樣，所以阻尼是有存在的必要性。

## (B) 彈簧：

彈簧本身具有吸收路面衝擊及提升操控性的作用，而避震器則有降低振幅吸收彈簧未能完成的餘震（上下振動），因此兩者之間的搭配是否得宜，關係著操控性和駕乘感受，而這就牽扯到了彈簧的彈性係數（K 值）及避震器的阻尼比，也和車重有關。

- 基本認知：

彈簧是車身與輪胎間的重要媒介，它必須支撐車身重量和吸收輪胎與不平地面接觸時的震動，至於彈簧本身所受到的力，除了接受不平地面的震動力外，舉凡車輛的加減速或煞車之作用力過彎時的離心力皆會傳達到彈簧身上，所以說彈簧不僅僅只是支撐車體而已。此外彈簧吸收輪胎所承受的衝擊，不單單可改善衝擊力傳達到車體以達到舒適的駕乘感，其還有確保行進間維持車輛的平衡性。這種平衡的特性，除可增加過彎的速度外，對於直線加速的平穩性也功不可沒。

- 種類：

通常彈簧的型式可分為直捲式與粗捲式兩種，一般改裝用的彈簧大都為直捲式，原廠彈簧則大都為粗捲式。兩者的差別主要是在於捲繞線圈數的多寡，直捲式的捲繞線圈數較多，粗捲式的圈數則較少但彈簧鋼比重較大。而彈簧的種類實際上是五花八門、琳瑯滿目，依不同需求就有不同種類的彈簧，但大致可分為以下幾類：

- <I> 直捲型彈簧：

此種彈簧使用率最高，也最普及，其彈性 K 值依荷重的大小而成一固定數值，此種彈簧的間距固定，能使用的範圍很廣，並能發揮極佳的車高調整作用。

### <II> 不等距彈簧：

此種彈簧可兼顧操控性能與舒適性的平衡，因為其一個彈簧上同時具有軟式與硬式彈性 比的不等距彈簧。其主要乃是在彈簧線圈的中段，以改變線圈節距的方式來達到軟式與硬式的彈性比。

### <III> 輔助彈簧：

顧名思義就是要輔助主彈簧在降低車高的同時，產生主彈簧的節距變密，如此一來就會出現彈簧間隙，無法發揮其原本的功效並且不符合車輛安全基準的要求，這時就需要第二個彈簧（輔助彈簧）來維持原有的功能。

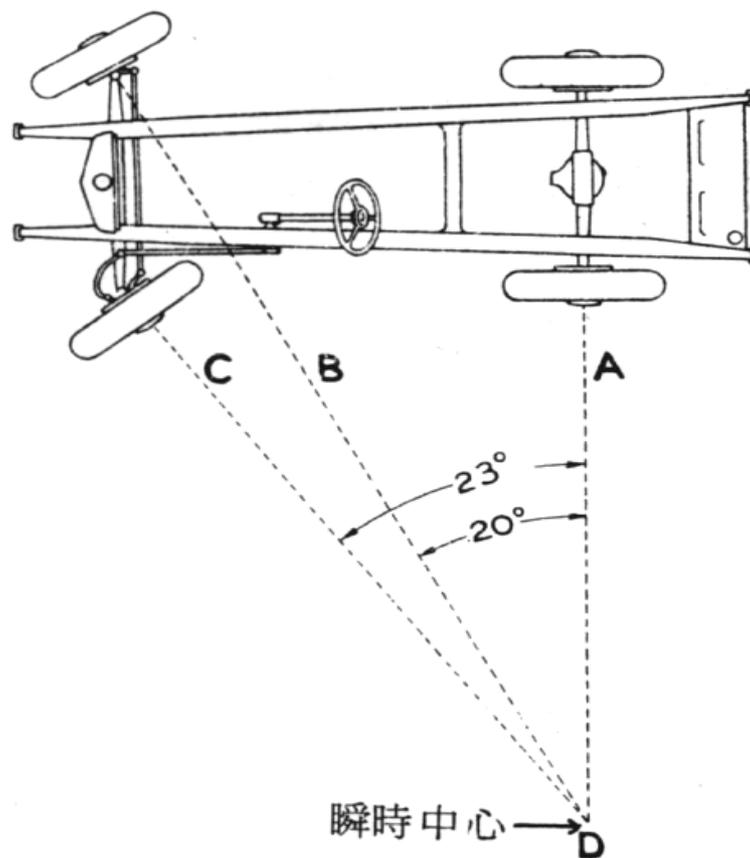


由上至下  
分別為直  
捲式、不  
等距與附  
屬彈簧。

根據些相關資訊，在此專題使用油壓避震器即可，而油壓避震器的最主要是從長度和彈弓軟硬程度來做區別，與組成材質的相關性並沒有很大，所以在選用時，會針對車子的規格作為準則。

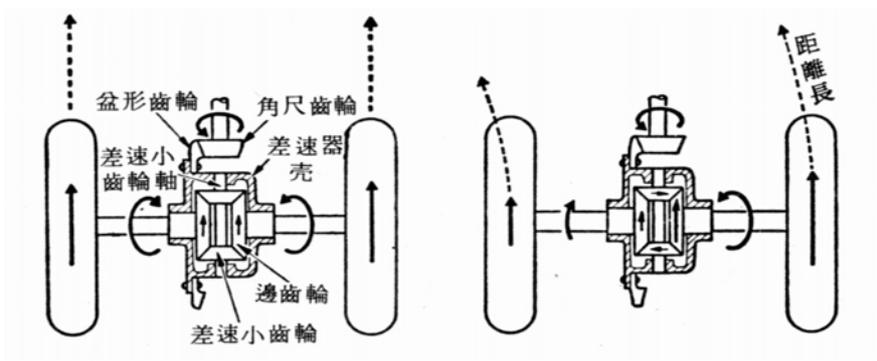
- 轉向原理：

現今一般車輛所採用的轉向原理是依據阿克曼原理，即車輛在轉向進行中須沿著單一的轉向中心作旋轉，如此車輪才能完全滾動順利過彎，車輛與地面間保持純滾動接觸無滑動現象。轉彎時因輪距與軸距之關係，兩前輪之轉角必不相同，其內側輪之轉向角定較外側輪之轉向角為大。而該轉向中心即為車輛轉向之瞬時中心如圖 2 所示之 D 點，亦即當車輛於轉向行進時，兩前輪之旋轉軸延長線與後輪輪軸之延長線交於此點，如下頁圖示。

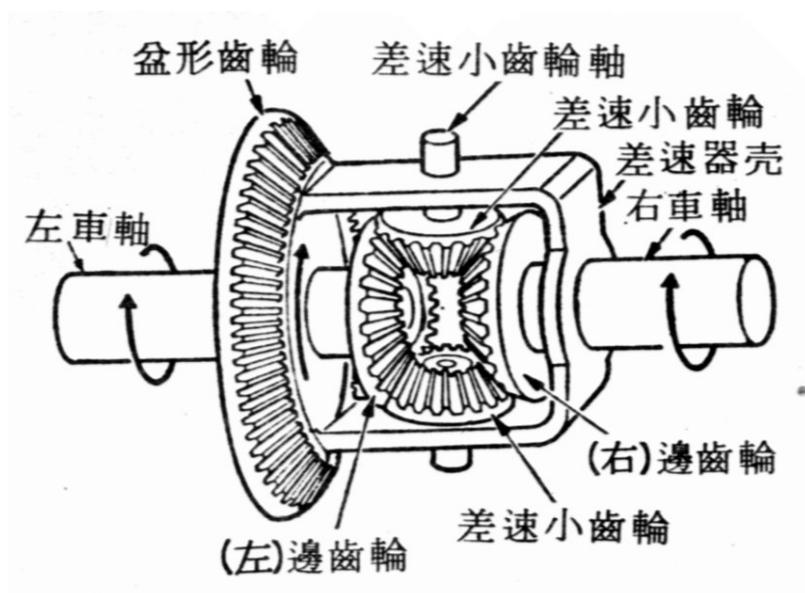


- 轉向系統：

車子過彎車輛在過彎時，左右輪胎所行經的距離是不相同的，因此左右輪胎的迴轉圈數也會不一樣；在內側車輪行駛路徑較短，外側車輪行駛路徑較長，為避免車輪在地面摩擦，其外側車輪之轉速較內側快，或當一輪越過地面上突起物時，該輪之轉速亦較快。



爲了達到上述的需求，需要差速器來滿足；差速器之角速度相當於兩側齒輪角速度之代數平均值，如一個輪子要轉動的較快，此一輪速度的增加，即反映著另一輪速度的降低，因此能使車輪與地面無滑動摩擦的情況下轉彎。

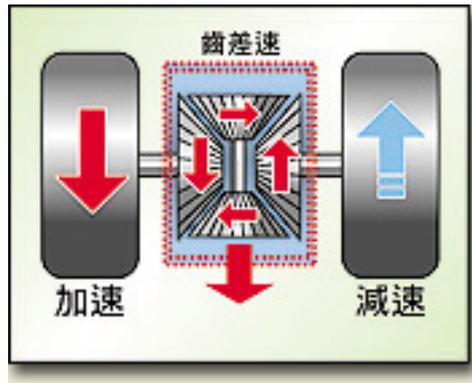


差速器的形式多樣，在此簡單介紹其中兩種形式：

(A) 齒差速：

優點：價錢較便宜，理論上，不計齒輪之間磨擦的力量，齒差速做出來的差速效果會是最好的。

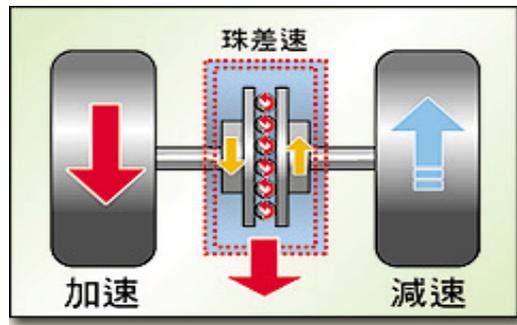
缺點：轉向不足，因左右車輪抓著力太高，轉向就自然不靈活。



(B) 珠差速：

優點：左右兩邊的金屬壓，可以容易地調鬆緊。

缺點：鋼珠在長時間磨擦下有磨損，金屬壓或金屬圓片有變形之慮。



## 第四節 動力裝置

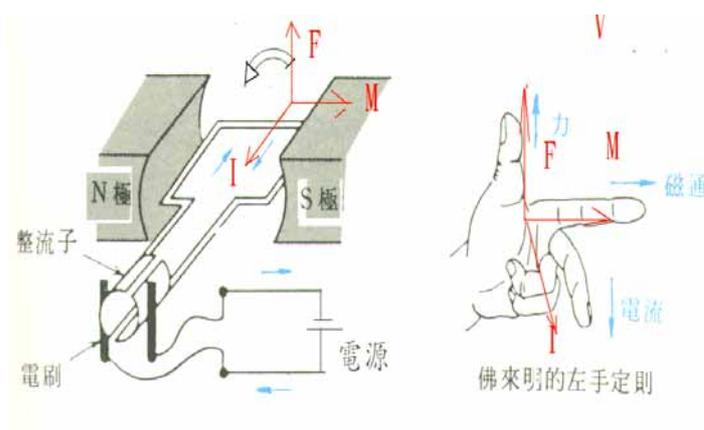
車子的動力裝置部位，需要的主要零件有馬達，電瓶，變速器與減速機等相關設備，將依序來介紹相關資訊。

- 動力源：

一般常用的動力來源多為汽油引擎與電動馬達，對此專題的需求而言，電動馬達的規格與功能較適用於此。電動馬達若依使用目的來分，其種類多樣化；若依轉動與移動的方式來分類，可略分為可分成普通電動機和線型電動機。

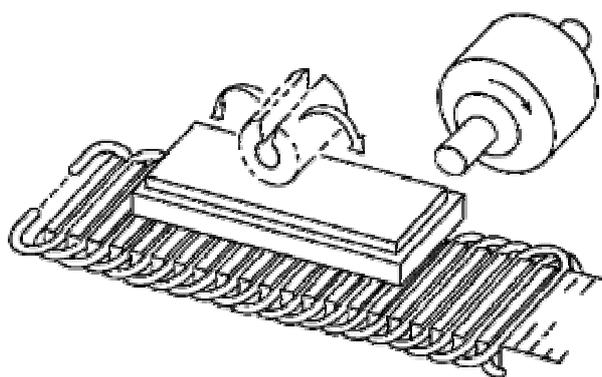
(甲) 普通馬達的構造與原理：

由外部電源提供電流使通過轉子導線，以產生磁場與定子磁場相互作用而轉動，圖中 M 表示定子磁場方向，I 表示流過轉子導體的電流方向，F 表示轉子與定子磁場相互作用所產生作用力的方向（此力使轉子轉動）。

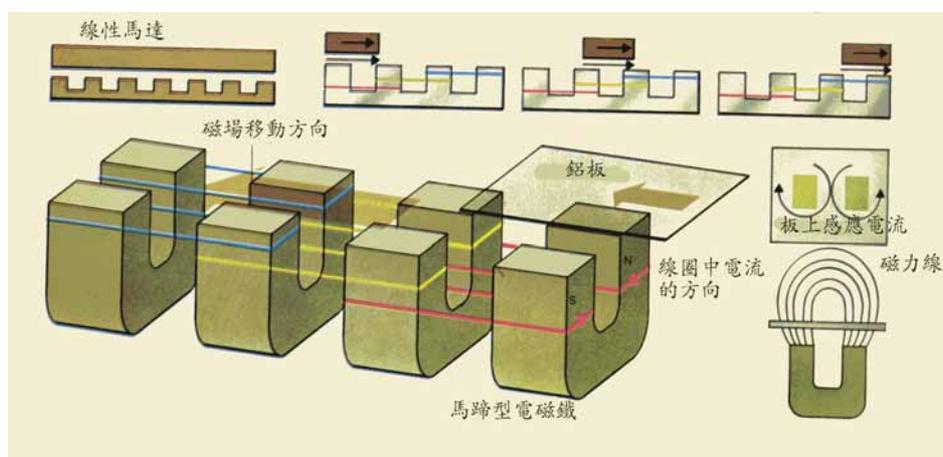


(乙) 線性馬達的構造與原理：

線型電動機雖稱為馬達但外型卻不同於傳統的圓形電磁場，只是和傳統馬達一樣均使用同性相斥的磁場原理來開發，我們可以想像線性馬達就如同將轉動馬達從圓心沿半徑切開，再展開來攤平成一直線。



線性馬達移動的原理，如下圖所示。



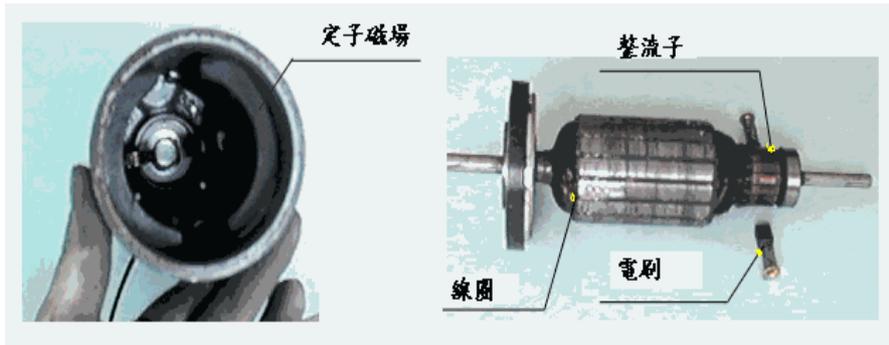
磁場左移帶動鋁板左移

磁力線通過鋁板產生感應電流

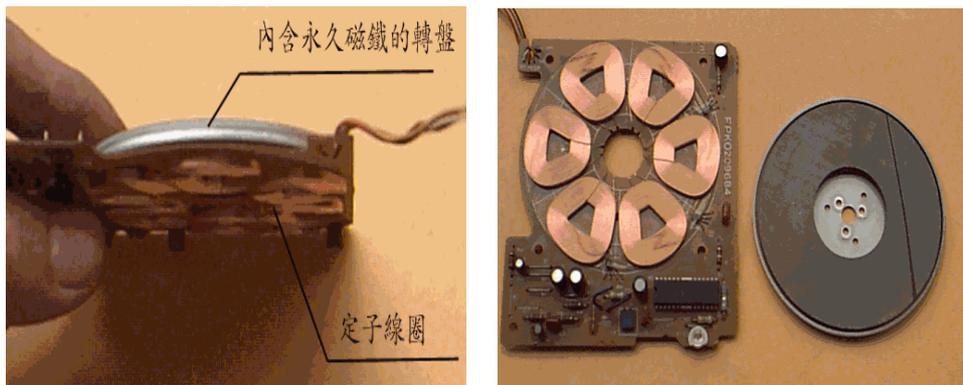
電動馬達的種類繁多，再加上此專題的要點為負載面自動平衡，所以，對於電動馬達只做粗略的簡單介紹：

(A) 直流馬達 (DC motor)：

一般的直流馬達如圖所示，包含周圍磁場（永久磁鐵或電磁鐵）、電刷、整流子等元件，電刷和整流子將外部所供應的直流電源，持續地供應給轉子的線圈，並適時地改變電流的方向，使轉子能依同一方向持續旋轉。



直流馬達的優點有速度調整容易，啓動轉矩較大等，但是電刷與整流子保養維修不易，因此有所謂的「無刷型直流馬達」。直流馬達廣泛地用在消費電子產品及玩具，如電動刮鬍刀、錄音機、錄影機、C D唱盤、模型汽車、火車等，而大輸出功率的直流電動機則使用在電車、快速電梯、工作母機等。



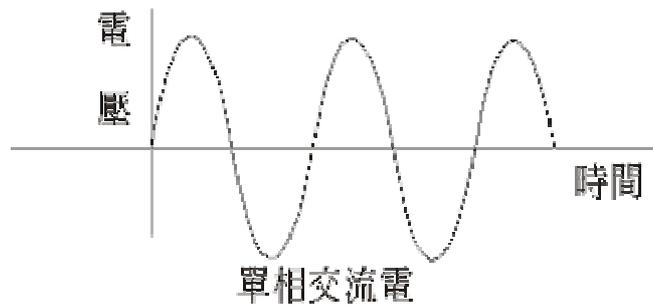
左圖為電腦軟式磁碟機中轉動磁碟片的馬達，定子磁場的線圈如右圖，轉子右圖之永久磁鐵。

### (B) 交流馬達：

由於交流電的電壓和電流隨時間而變動，因此將交流電通過馬達的定子線圈，所產生的磁場並不是一個固定的磁場，而是隨時間而變化N極和S極的變動磁場，利用此特性，可經設計讓周圍磁場在不同時間、不同位置推動轉子，使其持續運轉，因此轉子的和力不等於零。

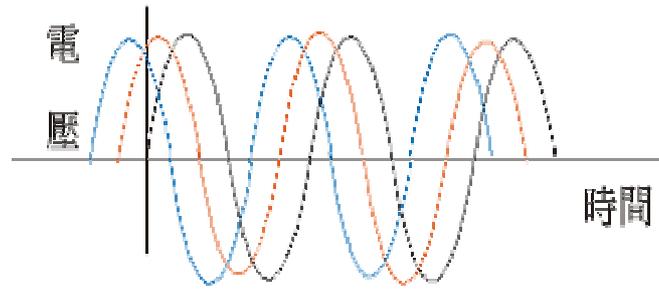
若要轉子持續旋轉，我們必須讓周圍的磁場在不同的時間來產生N極或S極，所以周圍磁場的線圈常分為幾組，通以不同相位的交流電

。一般家庭都使用單相的電源，因此家庭裡使用的都是單相的交流馬達，爲了在周圍磁場產生不同的相位，電容啓動馬達在一組周圍磁場線圈串接一個電容器（分相電容），以使與其他組線圈產生相位差，如電風扇、家庭用水加壓機等。

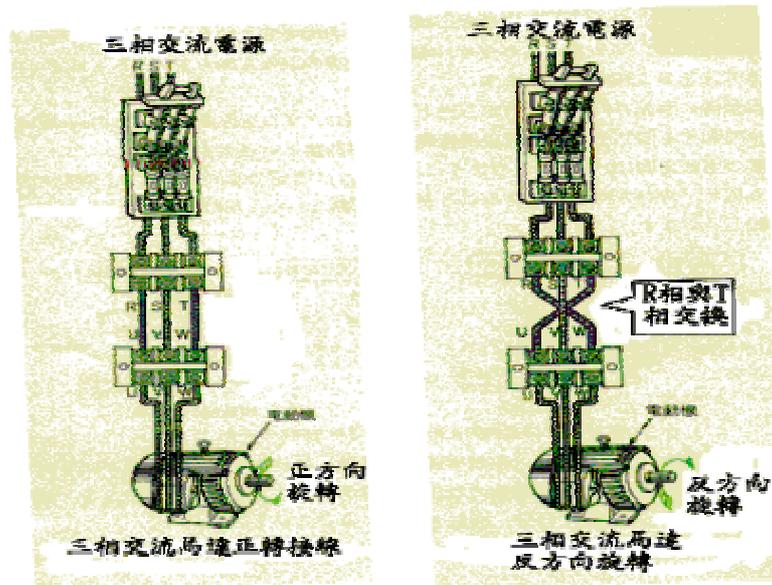


電風扇使用單相交流馬達及分相電容

在工廠裡三相的交流電動機，因結構單純、動作確實而廣泛地被採用，其接線如圖，需反方向旋轉時，只需將三相電源中的R相和T相兩條線交換即可。

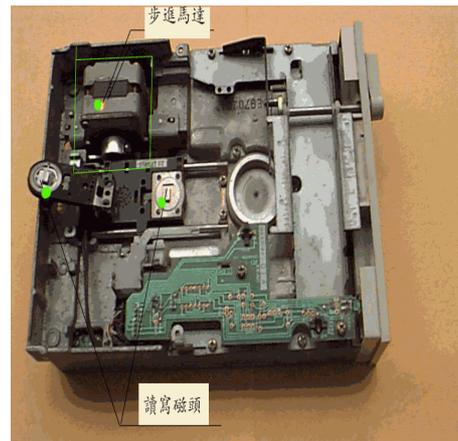


三相交流電



(C) 步進馬達：

步進馬達 (Stepping motor) 是脈沖馬達的一種，在數位電路非常進步的今日，直流電源可以經過數位 IC 的處理，變成脈沖電流以控制馬達，這種馬達若以所規定的順序，將脈波加在周圍磁場，則轉子將以固定的角度做步級運轉，例如一個步進馬達可能將一圓周 (360 度) 分成 200 步 (step)，一步即為 1.8 度，如果控制此馬達前進 10 步，即控制它轉 18 度，如此可做精密的角度或距離的控制 (距離的控制可配合導螺桿而達成)，因此廣泛地應用在位置及角度的控制上，如機器人、事務機器等。



微電腦軟式磁碟機中，控制磁頭前後移動找尋磁軌的步進馬達

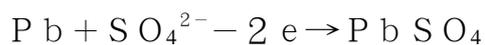
- 電瓶：

電瓶學名蓄電池（Storage Battery），能將電能轉變為化學能儲存起來，但當電瓶連接外部電路時，化學能又變為電能，是啓動引擎時電動機之電源。蓄電池能夠充電再生，當其放電時，發生自發反應，它起一個原電池的作用；充電時發生電解反應，起電解池的作用，可使原來的反應物再生。

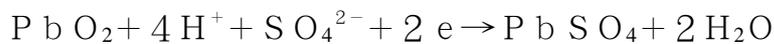
汽車上所用的鉛蓄電池是最常用的蓄電池之一；它是由間隔的海棉狀的鉛板和二氧化鉛所構成，並浸在硫酸溶液中。

當電池放電時，發生下列反應

負極（Pb）：



正極（PbO<sub>2</sub>）：



總反應：

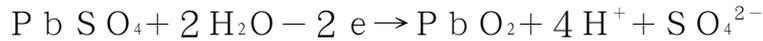


由上可知，兩電極上都生成硫酸鉛，由於其難溶性，沈積在電極上而不溶在溶液中。由於反應中硫酸被消耗，有水生成，所以可用測定硫酸的密度來確定電池放電的程度，當硫酸的密度降到  $1.05 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  或電壓降低到

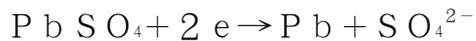
1.9 V時，就要充電。

當電池充電時，就是通以直流電，鉛板與電源負極相連，二氧化鉛板與電源正極相連，在電解過程中，上述電極反應都逆向進行：

陽極 (PbO<sub>2</sub>)：



陰極 (Pb)：



總反應：



故該蓄電池的反應可表示為：



充電後，單個鉛蓄電池的電動勢約為 2.1 V。汽車上用的是將 6 個蓄電池串聯起來，電動勢約為 12 V。

- 變速器：

(A) 機械變速器 (MSC)：

在電變還沒有製造出來的時候，電車是靠機械變速器 (Mechanical Speed Control 簡稱“機變”)，來完成“輸出電流大小控制”這項任務。

機械變速器，其實就是一個小型“滑動變阻器”，電流輸入機變，機械變速器改變其上面的電阻來控制電流輸出的大小，這樣電流最終流向馬達，電流大小影響馬達的轉速，這樣就實現車速的變化控制。

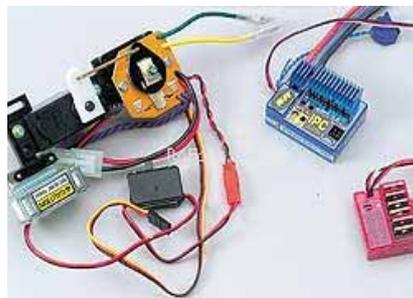
機械變速器結構簡單，它只能完成電流的大小控制 (靠一個舵機 <servo> 做轉動來物理改變電阻大小)，根本沒有起到“電流增壓”作用，可以想像使用機械變速器的電車，車速是非常慢的。

(B) 電子變速器 (ESC)：

電子變速器是一個可控制工作週期的電子開關，其內的 BEC (Battery Eliminator Circuit 電池分離迴路)，主要功能是將動力馬達用的電池 (如 8.4 V、9.6 V 等) 電壓降至穩定的電壓後，提供接收機及伺服機使用，但受限於 ESC 體積的大小，所提供的功率亦有限制；此外，BEC 可在電池即將耗盡前，將馬達與電池連接切斷，使接收機和伺服器還能工作，做最後的安全防護措施。

ESC 內部電路有一套 FET (場效電晶體) 管，電流輸入電子變速器，內部電路接收來自接收機的信號，根據信號把電流作出合適的增壓，然後把”增壓”後的電流輸出到馬達。所以，瞬間輸出電流 (峰值) 可達：800 A 以上，連續輸出電流可達：180 A 以上；因此，電子變速器的車速可以大大提升。

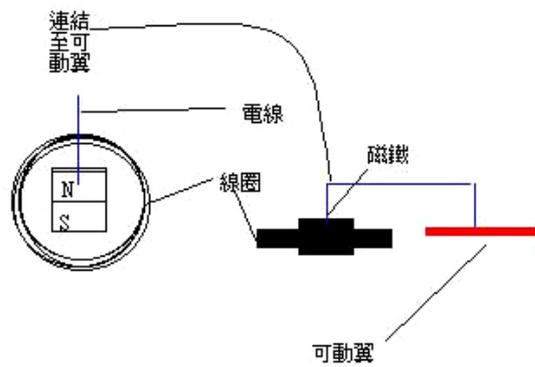
相對於機械變速器，電子變速器體積細小 (獨立的一個組件，佔用一個通道)，重量輕。機械變速器從性能方面是無法和電子變速器相比的，唯一可取之處就是”價格”。因為機械變速器和電子變速器在性能上是兩個不同的等級，在價格上當然隨性能而提升。



左 1 為機械變速器，右 1 與右 2 皆為電子變速器

- 強力磁鐵伺服器：

強力伺服器的組成是將磁石中心點與線圈中心對齊用鋼絲綁起來，另一端連到可動翼，而線圈是固定在水平或垂直尾翼上；接著，根據安培右手定律，如果電流逆時針進入線圈的話，磁力線由內部往外，向紙面射出，如此內部是 S 極，而外部是 N 極，同性相斥，異性相吸，磁鐵轉動，帶動可動翼偏轉，如下頁圖示。

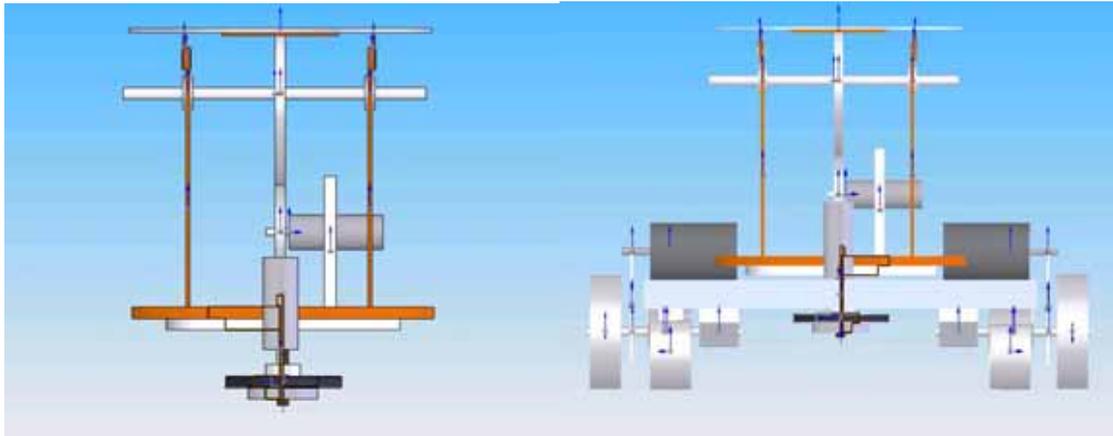


- 減速器：

通常動力源輸出高轉速，必須要有減速裝置來產生中低轉速，變成一般機械可接受的轉速，或者藉此改變扭矩，下列是換算法則：

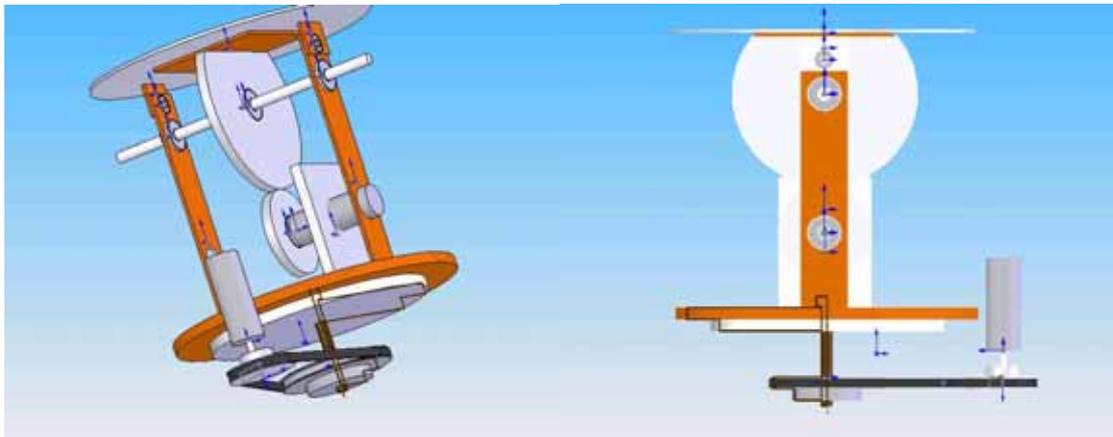
$$\text{減速比} = \text{輸出的回轉速} / \text{輸入的回轉速}$$

## 第五節 3D 設計與繪圖

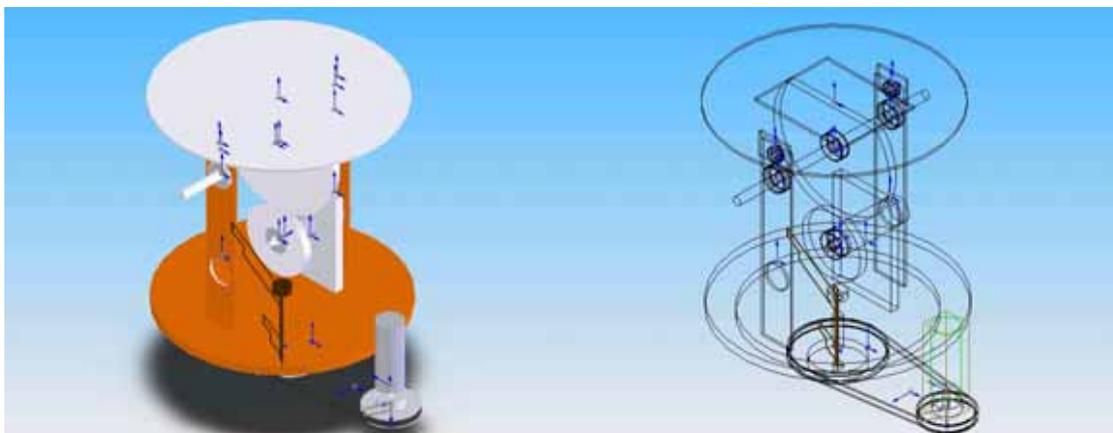


右視圖

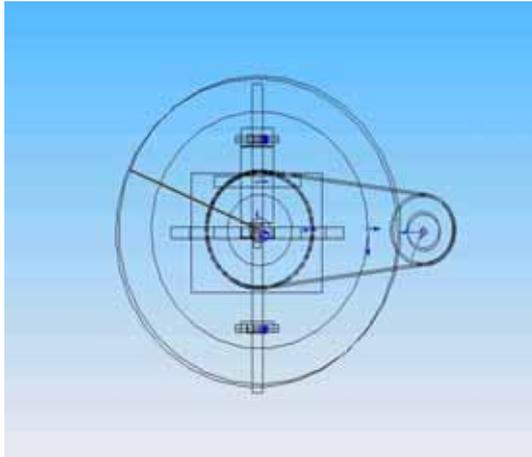
整體右側視圖



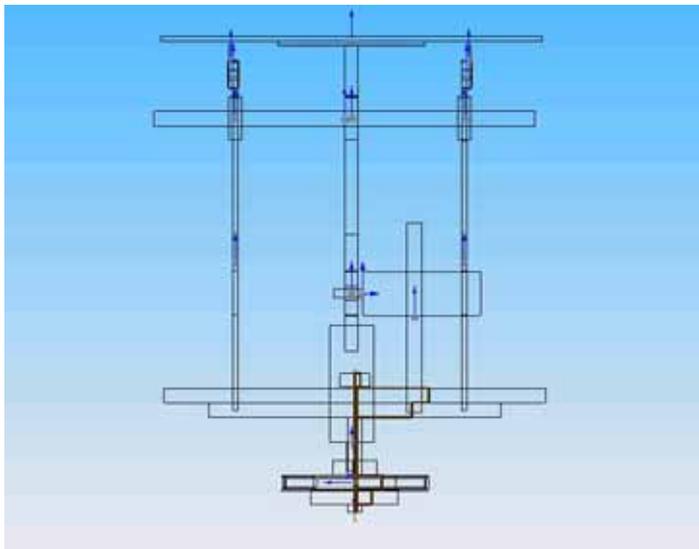
平衡機構與負載面



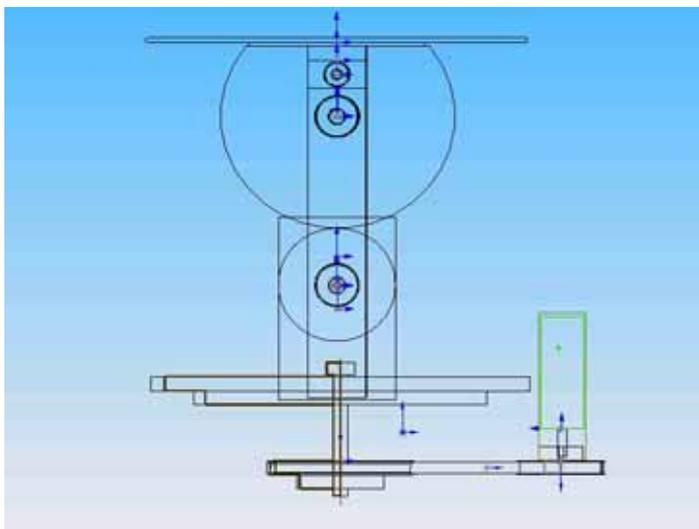
平衡機構等角圖



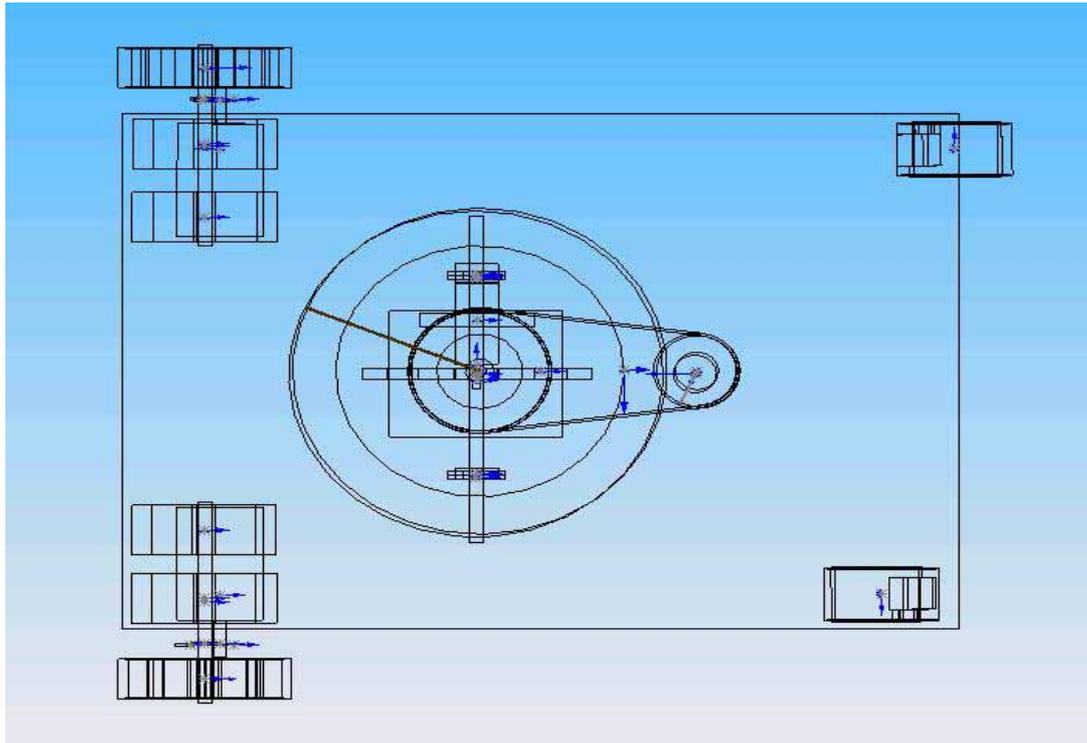
平衡台上視圖



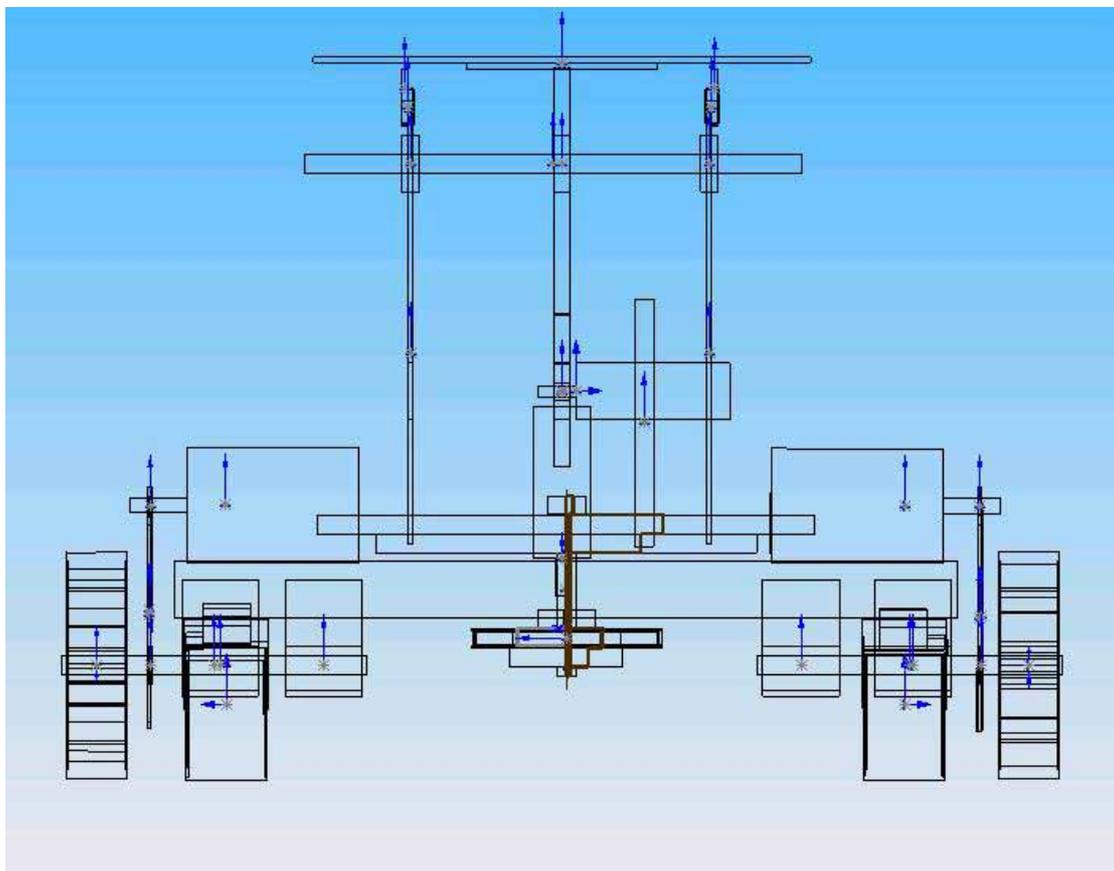
平衡台右側視圖



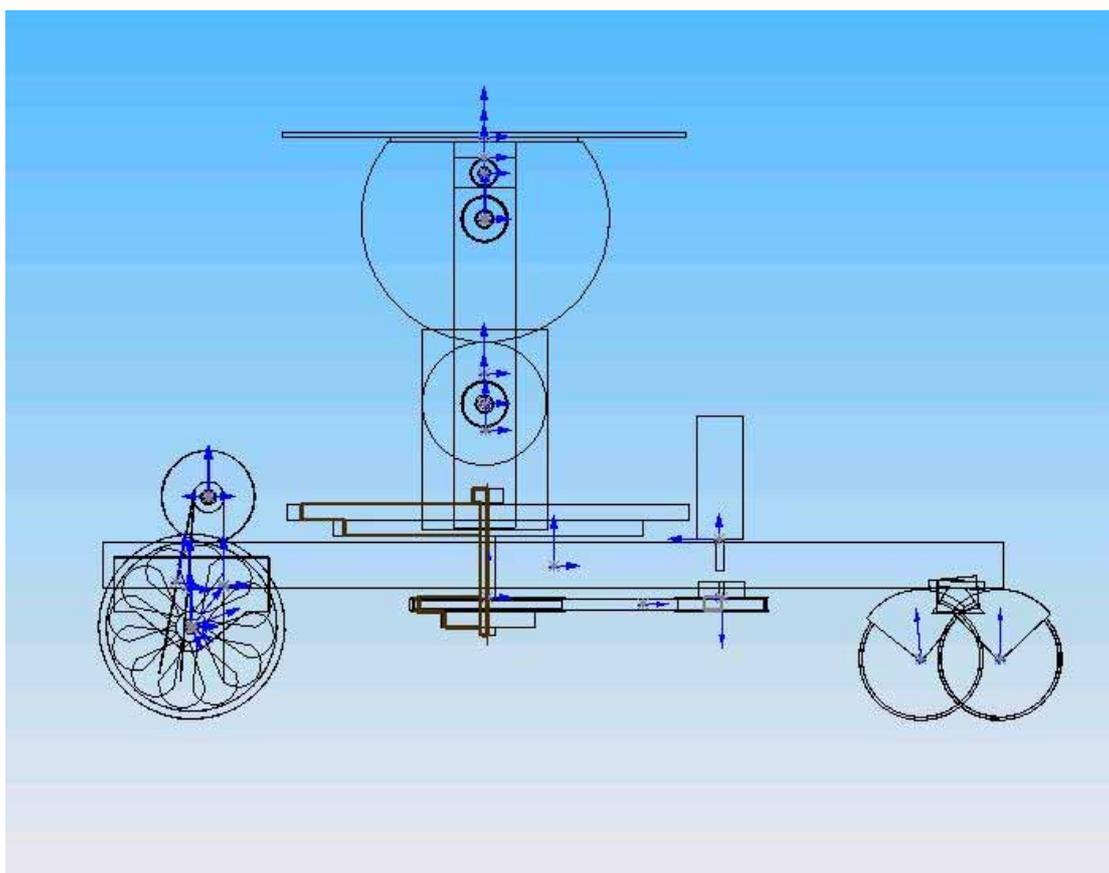
平衡台前視圖



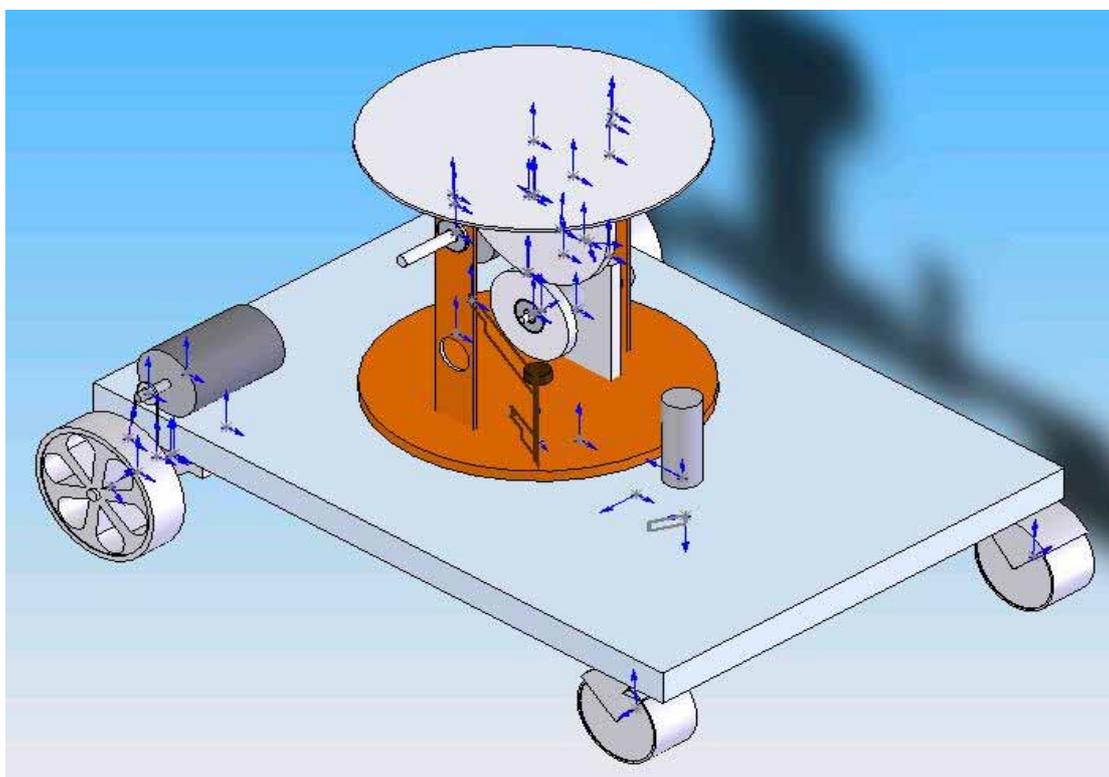
整體上視圖



整體右側視圖



整體前視圖



## 參、結構分析與材料選擇

從上一章可知，車體的概況與設備，接下來依照設計的結構，作細部的尺寸規劃；

首先從放置物品的平台開始，根據專題要求與旋轉的因素，所以在適當的衡量之下，以直徑 260 mm 的圓台，來當作負載面。

衡量平衡的誤差角度，認為選用模數 2，80 齒與 40 齒的齒輪即可，而厚度從滾珠軸承來判為 9 mm；而滾珠軸承從規格表與支撐桿的大小來評估，因此採用外徑 30 mm，內徑 10 mm 的 6 個滾珠軸承，分別安裝在齒輪與電木板上。

放置於車體底盤上的皮帶輪，衡量重量與價格，決定採用 45 與 20 齒來組合搭配；最後車體的底盤規格，則依照馬達、電瓶、平衡架構與其他零件的擺設決定規格約 50 \* 30 (cm \* cm)。

從第一章的設計規格，可知負載面所要承受的力不大，根據第二章所決定的平衡架構與經費評估，認為以塑膠為主體的材質，負載面可滿足載重量，又不會讓車體底部造成過多的不必要的重量負荷，再加上塑膠的成本便宜，可節省支出；但因負載面的平衡架構中，某些位置的受力情形有應力集中現象，受力情形會較劇烈，易毀壞，因此對於不同位置，選用不同的塑膠材質。

下列為評估後的材質：

- 放置物品的平面 – PC

因為位於整體架構的最上方，只須承受物重，用 PC（聚碳酸酯）不會造成下面部位過多的負荷，又可滿足承受要件。

- 支撐架 – 電木

位於平面與車體底部之間，負起支撐作用，再加上需裝設滾珠軸承與螺絲

，有應力集中現象產生，需加強材料性質，故採用酚甲醛（俗稱電木，全名為 phenol formaldehyed，P F）。

- 齒輪－優拉鋼

齒輪整體須直接承受負載物的力，而齒部的根部是最易損毀之處，再加上為整個平衡架構中的要件，所以選用較好的優拉鋼（D e l r i n 屬於 a c e t a l r e s i n 聚甲醛樹脂）避免不必要的毀壞。

- 橫向支撐桿－塑膠纖維

橫向支撐桿要裝設於滾珠軸承中，當作軸承使用，因而受限於滾珠軸承的內徑大小，所以其直徑小，所以用經過纖維強化的塑膠，確保不產生變形。

- 其他：

車體的材料除了上述材質之外，還有

鐵條－架構車體底體，支撐車體底部，固定車輪

木板－為車體的底盤，置於鐵條之上，放置其他設備與平衡架構

鐵棍－當軸承，連接車輪

螺絲－固定零件

連座－將軸承與底板連接

● 材料表：

名稱	數量	名稱	數量
馬達	4	木板	1
塑膠齒輪	2	伺服器	數個
電木	數片	遙控器	1
鐵條	數條	電線	數條
鐵棍	2	鐵鍊	2
P C 板	1	皮帶輪	2
車輪	4	皮帶	1
塑膠纖維	1	銅棍	1
滾珠軸承	數個	電瓶	1
電路板	1	連座	3
鐵齒輪	4	螺絲	數個
電池	數個	內角鐵	數個
繼電器	數個		

## 肆、成品實作與測試

經過長期的準備工作，開始進入實作階段；本章介紹著我們的實作過程。

### I、實作問題：

#### 1. 加工規劃：

本組經由此次專題經驗中學習到除了設計分析外的另一重點即為製程的時間規劃。在專題後期的成品實作中，因為本組未事先規劃好零件加工的流程規劃，因此產生零作加工順序錯誤導致重作的結果。

#### 2. 分析與實作的誤差：

雖然本組事前已做過結構分析與設計，然而在實作時才發現設計的規格與成品無法互相符合，推測為加工造成的誤差所致，此一問題嚴重造成本組實作進度的落後，為了解決臨時出現的問題。本組時常於實作中停頓思考不影響整體又能達到原先功能的折衷解決方法，因此浪費不少時間人力。而此問題的癥結所在即為本組沒有事先做好加工規劃以及公差設計。

#### 3. 實作產生之分析問題：

結由實作，本組發現設計分析時所未發現的盲點。而這些問題則必須經由更完整慎密的分析後才能解決。以下列舉本組於期中、期末報告中曾被提問且在實作中確實產生影響的問題與初步解決方法。

### 機械設計實作專題期末報告問題與意見

#### 1. 遇坑洞時的解決方法？

答：本專題在一開始設計時，即考慮過此類問題，包括路面不平坦、小石子太多、遇到水溝、坑洞、小土丘、路面突然產生斷層等。如果一開始將這些問題全部都考慮，將會始得變數繁多，系統分析起來會變的十分困難。最後，可能反而模糊了問題的核心-平台平衡。因此，經過詳細的考慮後，本組決定在研究的一開始添加限制條件，藉此降低變數的產生，使得問題更易研究。

## 2. 平台負載的重量？

答：平台負載的重量為 5kg，此一參數是一開始設定的。設計初始的參數中，規劃車體結構在 30kg 以下，而平台負重則限定上限為 5kg。後來的結構分析都是以這個規格設計的。

## 3. 物體會不會因為旋轉轉速過大而脫離平台？

答：決定平台轉速的因素：

1. 電子系統和機械系統間的差距
2. 系統要求的 setting time 規格

第一個因素是因為電子系統和機械系統間響應的時間不相等，所以需要由轉速的調整來減小二系統間的誤差。所以轉速太慢會放大電子和機械系統間的誤差，卻可減少物體脫離飛出的情形發生；轉速若太快，的確有可能使物體脫離。然而，第二個因素則指出，轉速太慢，系統達到穩定的時間將會拉長，如此一來，即使平台最後仍可達到平衡卻已不符合設計規格的要求了。綜合以上二點，我們可以發現，平台轉速必須限定在一定的範圍內，不可太慢也不可太快。而平台轉速的範圍則需經由分析電子系統與機械系統間的差距後再做調整。這一部分本組還未做分析。故現階段暫時性的改善方法便是加大平台表面的摩擦係數，增加負載物與平台間的摩擦力以減少上述情形發生。

## 4. 機械系統、電子系統響應時間快慢差距造成的影響？

答：此問題在成品實作完成後才發生。一開始，本組使用的馬達轉速太快，因此，電子系統與機械系統間響應的差距不大，誤差範圍在合理可接受範圍內。因此，高轉速可降低二系統間響應的差距，然而高轉速也造成另一問題，轉速太快造成平台旋轉速度過快有可能造成的問題有：

- (一) 負載物因平台轉速太快而脫離平台。
- (二) 感測器受到慣性作用而產生振盪作用使系統一直接受誤差過大的回授控制訊號導致無法達到穩定。

為了解決此問題，因此本組將馬達驅動電壓減半，實驗結果，此方法的確可降低上述二個問題的產生。可是轉速過慢使得機械系統、電子系統響應快慢的差異明顯被放大。至此，本組發現其實這個問題依然在探討轉速範圍的問題，也就是和問題三是相同的。想要確實解決此一問題，必須再深入研究轉速的範圍與電子系統、機械系統和規格限定間的關係後，才能訂定出最適合的馬達轉速以符合要求。而本組暫時的改善方式則為降低電子系統的靈敏度以減少二系統間的差異。

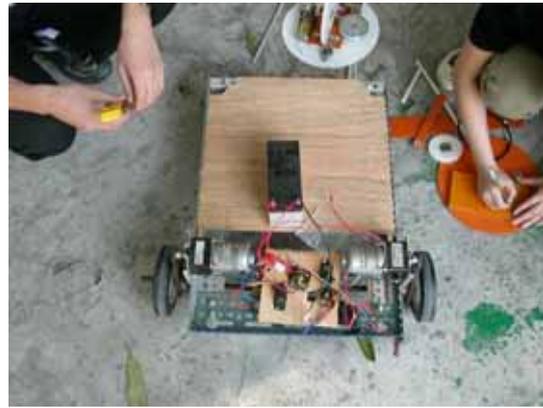
本組構思了三個方向也許可以解決此問題

- (一)研究探討轉速和系統間的關係，
- (二)由感測度裝置在平台位置與感測器靈敏度的方向來研究，討論不同的位置或靈敏度對二系統差距的影響。
- (三)依然保持高轉速，但改變齒輪比，使機械系統和電子系統間的差距減小，又不致於造成系統振盪。

## II、實作成品照片



使用鉅床切割電木



車體底盤與動力裝置



確認遙控系統裝置無誤



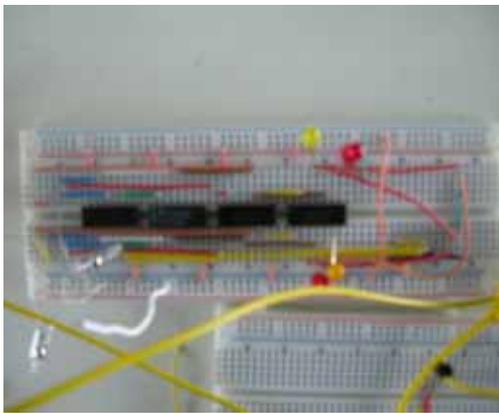
進行車體測試



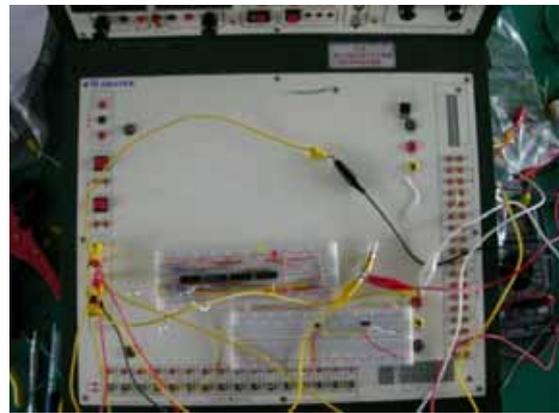
整體零件的位置擺設



平衡架構的雛形



電路的安裝



進行電路測試



車體 + 控制 + 平衡



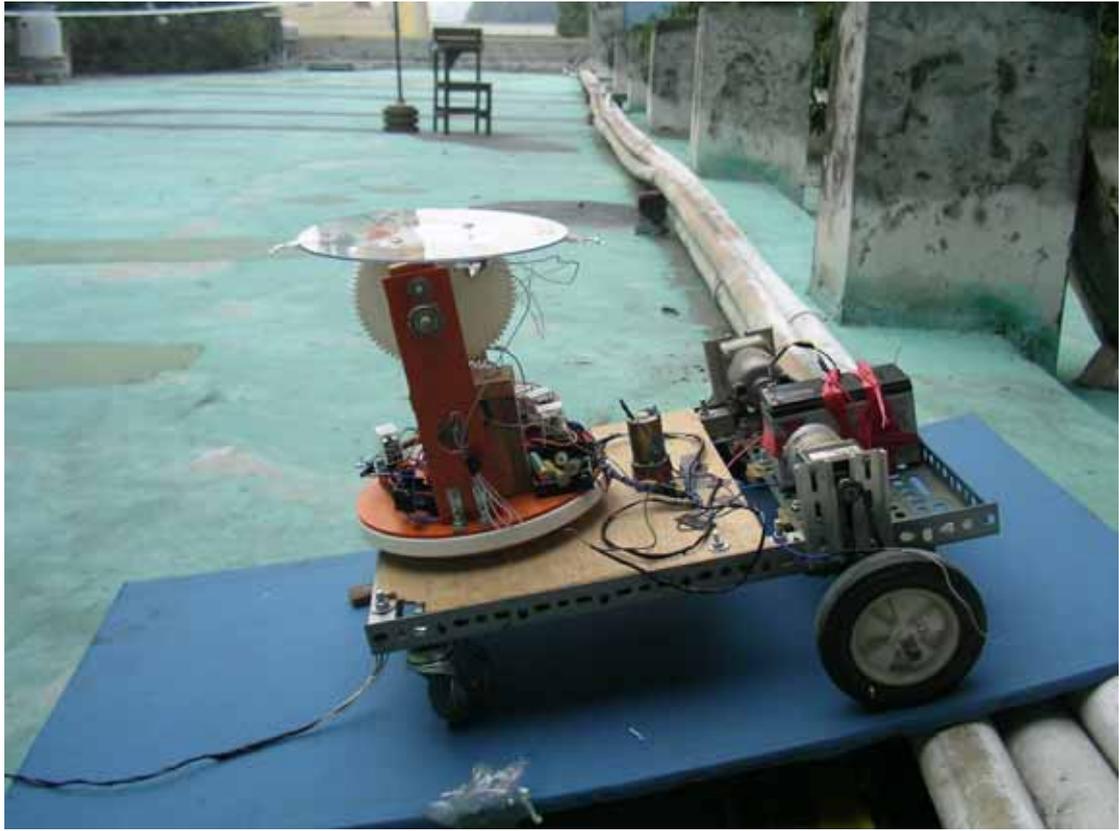
咱們笑容可掬的吳東陵同學



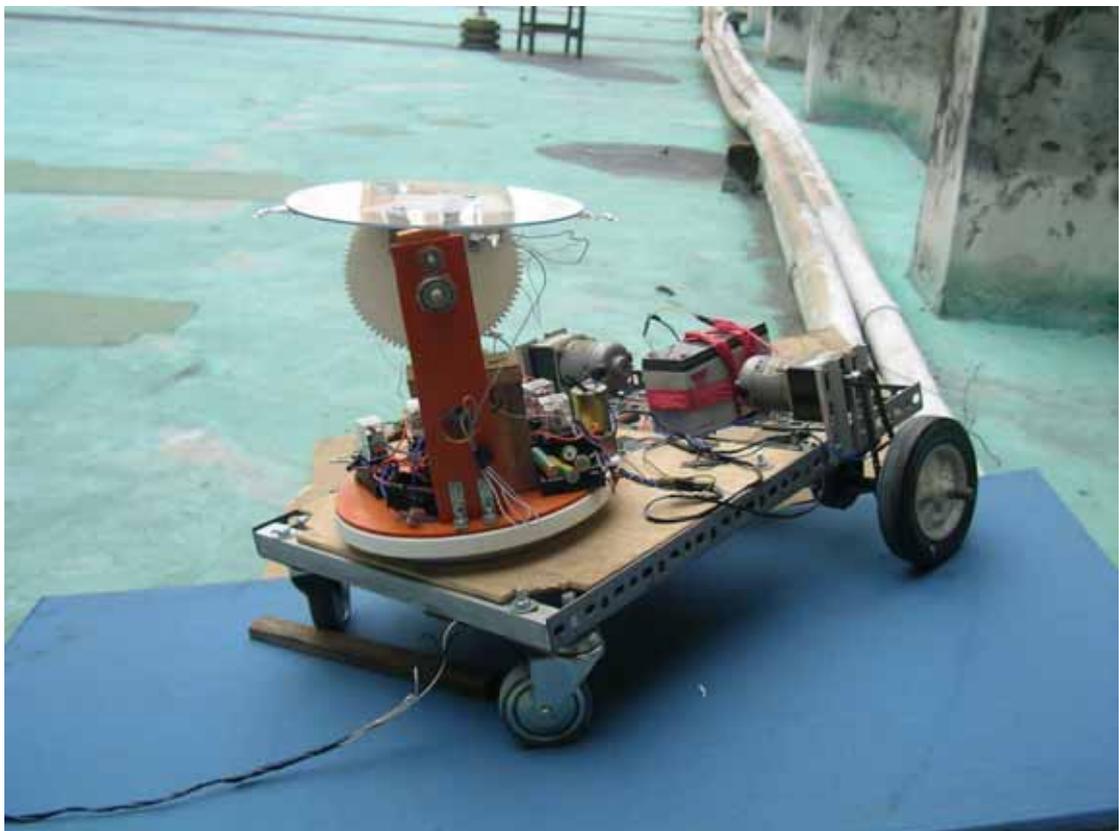
平衡結構



整體雛型



測試：正斜面(透明平台乃和地面成水平狀)



測試：正斜面+轉彎(透明平台乃和地面成水平狀)



咱們耐操耐勞的曾明揚同學



實地斜坡測試



專題展海報



指導老師：邱顯俊 老師（左二）



車體最後造型

## 伍、結論與未來展望

經由理論分析與實作的測試，本組所發展的概念與設計確實可以使平台於移動中達到平台保持平衡的功能。然而，即使本組實作的雛型顯示雖然平台最終可達到穩定平衡的狀態，但所花費的時間太多以致失去本專題的最大目標，使負載面上的物品不致掉落平台。此外，本組於分析前已將系統做了些許規格限制以減低變數的數量有利於分析，但實際操作時，並不能忽略這些變數。因此，為使本研究能更具實用價值，仍然有許多地方仍需改進。

本組在此提出幾點改進方向：

(一)電子系統與機械系統反應快慢問題：

此一問題可大略分為二部分來研究

1. 探討電壓大小影響轉速能否使二系統間的誤差減少，甚到找到最佳化的設計或方法。
2. 探討感測器的靈敏度與反應間的影響，討論增加感測器的個數和放置問題是否能解決二系統間的誤差。

(二)減少動力源

由先前的分析設計可知，本組的設計與要二個動力源來作動，因此如果能減少動力源則實用性將更佳。

對此一問題本組也提出二個解決方向：

1. 利用機械系統的離合器原理來減少動力源。
2. 重新設計純機械式的結構，亦即不需利用動力輸入即可達成機構作動。

(三)電路問題

本組所設計的電路只針對某些功能所設計，而且本組測試過二種電路設計法，1.有接點電路 2.無接點電路。當功能複雜時利用無接點電路的方法(也就是ic 電路板等)會較為方便與實用。此一方面的改進可朝基本功能的電路模組化來

設計。將基本的功能設計成模組，如此增加或刪減功能時就如同積木一樣只要增減電路模組即可，可大幅增加設計的方便性與實用性。

經過一年的專題實作課程，本組所分析設計出來的成品也許仍稱不上完美實用的作品，但至少已經達到本組先前所預定的目標與功能。未來，如果能更加深入的分析與改進，提高此研究的便利性與實用性，相信必能增加此設計的價值。

## 陸、心得與感想

許淑雯

時間過的真快，算算日子，為期一年的專題終於進入尾聲；從一開始的資料收集、設計架構、材料評估、規格選定到現在製作的進行，這一些從零開始到現在擁有的過程，隨著照片的寫實紀錄，一一浮現在腦海中，呈現著努力的臉孔，交雜著大夥的心血。

隨著專題的一步步進展，學會一件成品應有的製作過程，學會如何應用所學知識，學會如何操作儀器，學會克服問題，學會理想不等於事實，學會…太多教科書上沒教事情，都是在此專題中學到。

最後，雖然成品結果與預期的結構沒有完全一樣，有些微的差距，這些微的差距是因為：

- (1) 初步的設計圖與規劃，沒有再進行一次確認，直接進行實作，造成材料購買尺寸上的錯誤、加工時的錯位。
- (2) 各部位的设计沒有詳細、完善的整合確認，只有大範圍的確認，使得實作時，需要多一點時間的一邊製作一邊規劃修正。
- (3) 時間上的掌握不完善、各部位製作進度不一致，使得後半部的製作時間，

有些許的延遲；雖然如期交出，而專題的成果也和預期的相去不遠，是一件好事，同時也是一件壞事，意味著此專題的缺陷依然存在，沒有一一克服。

此外，對於這次的專題實作，最大的體驗是——許多事仍然需要時間與經驗的累積；豐富的學識只能加快實務經驗的累積過程，減少不必要的摸索時間，要製作出實際效用性高、品質完善的成品，仍然依賴實作經驗的累積

## 曾明揚

經過將近一年的努力，一切終於即將開花結果。在一開始的時候，剛接下這個自走平衡車一機構組的專題的時候，其實對於該走的方向還頗為盲目。由於這是校外的廠商委託我們學校所做的研究，所以在決定接下這個專題的時候，心中實在是有些壓力，絕對要把東西給做好的壓力。

在初期架構還未定案的時候，雖然組員們偶而會因為意見不同而互相有小磨差，但是憑藉著大家都是想要把東西給做好的心態，並沒有因此使整個組有所分離，大家都能適時的站出來為對方說話。

雖然在實做的時候，個人所負責的每個組別，都會遇到不一樣的困難與挫敗，但是大家都沒有因此而放棄，直到現在，專題也算完成了大部分，看著自己的心血有所成果，心中真的覺得很有成就感。也沒有辜負指導教授的期望。

在此專題中體會到了做一件事情前應有的事前規劃是馬虎不得的，只要有MISS一些些的步驟，之後就必須花兩倍的時間來彌補，因此體認在規劃往後的步驟時，審慎的評估與考量，是最重要的。

## 吳東陵

上課時老師常說，設計產品時，要考慮到工廠做不做的出來，如果做不出來，那也只是空想，不切實際，另外就是經費的考量，如何以最少的 cost 來達到所要求的目標；經驗的累積方能成就一番事業，不管何事，不去實際試過，就算知道有多難，也沒用，空想不如實做，做錯了也是一種學習，這次出問題，下次就可以避免掉此問題，人非聖賢，何況聖賢都不知道如此多的事，實際去操作過，知道了如何能做如何不能做，如此這般，在設計時，也能盡量避免掉，或是以別的方法來設計。學海無涯，學不盡，知道的越多，在做事時，也能避免走更多的冤枉路，有時換個角度想想，也能有意想不到的收穫。

## 高正一

在這次的專題實作課程中，學習到很多課堂上所未考慮到的事情，同時也必須大量應用之前大一至大三所學習之專業科目，因此不論是對個人或對整個團隊來說都是極富挑戰的一件任務。能順利完成仰賴老師的支持與建議以及所有成員共同努力的結果。一開始專題初期便遭遇到極大的困難—構思的方向，人員的溝通。因為沒有前屆學長資料可供參考，團隊成員在搜集許多資料後分別提出自己的看法和解決方向。因成員各自看法不同，溝通過程中產生許多認知上的差異與爭執，所幸本組人員之溝通能力與情緒智商皆有一定修養，討論、分析、協調後確定整個團隊方向。

方向確立後，接踵而來的是負責工作的分配。本人粗淺的認為所謂的團隊合作，就是能讓團隊成員皆能發揮自己最大的能力，如此才能達到  $1+1>2$  的效果，並可使成員因為努力達到團隊要求而進步、成長。所以，本團隊將專題劃分為四個主要方向---平衡結構、控制系統、動力裝置、系統模擬。由成員各自負責單一

項目，並於每周做四組進度之整合與協調。如此方法至對團隊運作產生非常大的助益。

總體而論，本專題最後展現之成果雖並不算完美，但至少最後的進度與成果尚在本團隊預期目標之中。從此專題中，學習到的不僅是將所學知識應用於實際操作上；更體認到團隊合作的重要性與溝通的方法，畢竟現今的社會分工細密不依靠團隊合作是無法達成目標的。除此之外，更重要的是瞭解要如何分析、解決問題。老師給定的目標只有規格與需達到的功能，至於如何達到這目標，則是要由我們去構思、研究。這種模式不正是未來做研究時將遭遇的情形嗎？只有解決的目標而沒有解決的方法，不再像書上的題目般會有固定的解答可參考。至此本人才深深瞭解系上規劃此一必修專題的涵意，目的是讓我們了解團隊合作的重要，並培養我們獨立思考的能力。不論專題最後展現的成果如何，不可否認的是學生於此專題中所付出心力與專注，已經令學生習得更多保貴的經驗與成長。

## 柒、致謝

感謝本組同學的合作無間，讓本專題可以如期完成。

感謝建國市場的老闆，詳系的跟我解說哪種馬達適合我們的需求。

感謝雷鳥模型店的老闆娘，解答了許多有關遙控器的問題。

感謝遙控論壇上的熱心人士，好心幫我解答問題。

感謝指導教授 邱顯俊教授

能夠完全放心的將此專題的工作託付給我們，又偶而來個旁敲側擊的提示，讓我們能夠在此專題中學到最多的東西。

## 捌、參考資料

1) 勞工安全衛生研究報告－模擬訓練用小型電動三軸平台之設計與製作(二)  
，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所出版，日期民92·2

2) 林崧銘編著，”控制電路(I)-順序控制”，1984，全華科技圖書。

3) 油壓彈簧

[http://www.geocities.com/rccarhk/new\\_page\\_16.htm](http://www.geocities.com/rccarhk/new_page_16.htm)

4) 何晉欽－車輛轉向機構之回顧與分析

國科會計畫編號NSC-89-2218-E-027-005

5) Yahoo 拍賣－休閒玩家：

[http://www.hobbyplayer.com/modules/newbb/viewtopic.php?forum=23&post\\_id=17341&topic\\_id=2759](http://www.hobbyplayer.com/modules/newbb/viewtopic.php?forum=23&post_id=17341&topic_id=2759)

6) 精凌模型事業

<http://www.teammagic.com.tw/rc-shool.php>

7) 基本邏輯電路

<http://asic.ece.fcu.edu.tw/logiclab/lab02.htm>

8) 冠業輪胎有限公司

<http://www.beissbarth.com.tw/e/p5-2.htm>

9) 最優的汽車網站

<http://kimo.ucar.com.tw/ucar-hot/subject-tuning.asp>

10) 陸軍官校機械工程學系，授課講義

<http://www.cma.edu.tw/ma/%A8%AE%BD%F8%A4u%B5{/%B1%C2%BD%D2%B1%D0%A7%F7/%B2%C4%A4Q%A4@%B3%B9%B6%C7%B0%CA%BDu.ppt>

11) 化學電池的原理

<http://ftp.inhs.tc.edu.tw/111066/t1.htm>

1 2 ) 電子變速器 D I Y

<http://home.pchome.com.tw/sport/rcfly/esc.htm>

1 3 ) 遙控論壇

[http://www.rcfans.com/0400/el\\_esc\\_1\\_tc.htm](http://www.rcfans.com/0400/el_esc_1_tc.htm)

1 4 ) 廣營電子有限公司

[http://www.gws.com.tw/chinese/product/speed%20controller/note\\_esc.htm](http://www.gws.com.tw/chinese/product/speed%20controller/note_esc.htm)

1 5 ) 楊世全、蔡元儒、沈冠宇，電工機械實驗報告－馬達的應用

<http://www.kmvs.km.edu.tw/th04/report/%B0%A8%B9F%AA%BA%B9B%A5%CE.doc>

1 6 ) 大同大學 9 0 級 專題研究摘要彙編

迷你機械手臂與四足機器人的製作與控制

<http://www.me.ttu.edu.tw/ch/project/90/%B3%AF%A4%E9%A9%FA%AE}%B0%B6%A9%FA.pdf>

1 7 ) 強力磁鐵伺服器原理與製作

<http://home.pchome.com.tw/sport/rcfly/servo.htm>