

# 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

第三名

090908

小型鐵件連續安全拾取裝置

學校名稱：國立秀水高級工業職業學校

作者：  職三 顏誌佑  職一 林敬佑  職一 陳柏融  職一 洪銘鴻	指導老師：  張漢佑  周文清
---	-----------------------------

關鍵詞：磁力、鐵器、拾取

# 作品名稱：小型鐵器連續安全拾取裝置

## 摘要

一般對於鐵製品或是鐵屑的拾取，都是利用磁力以單動的方式進行撿拾，對於工廠內大面積的地板整理上就比較不方便，因此我們研究設計製作出一可連續安全的拾取鐵件裝置，由於在設計製作過程中會使用永久磁鐵，因此我們對永久磁鐵的一些特性進行分析與實驗，在磁鐵的特性研究中，利用游標高度規製作實驗器材，來量測當磁極排列方式及距離不同因素下，磁力變化的影響，同時使用高斯計量測磁極排列方向與不同距離時的磁通密度，了解較佳的排列組合方式。了解磁鐵的特性後，根據實驗結果及機械設計的原理製作連續拾取裝置，最後完成我們需要的功能與目的。

## 壹、研究動機

每次在學校實習工廠上完車床實習課後，收工時需要清掃整理地面，都會有很多小鐵屑，使用掃把時又因為鐵屑會有點沾黏，所以不容易掃乾淨，加上鐵屑又非常鋒利，沒掃乾淨時，走著走著鐵屑都刺在鞋底下，有些沒拔掉還會貫穿刺到腳，覺得好不方便，所以我們就構想利用磁鐵來吸鐵屑，整理時就可以把鐵屑一次的清空，達到更安全快速的清理效果，及維持良好的工作環境。高一物理課程有提到磁力的作用，因此也想對磁鐵做進一步的研究。

## 貳、研究目的

- 一、了解強力磁鐵的特性、原理，作為機構設計的尺寸參考。
- 二、了解齒輪、凸輪、摩擦、棘輪等機件原理，設計連續拾取動作機構。
- 三、製作出一操作容易、吸附鐵器快速乾淨的連續小型鐵器拾取裝置。

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備：

- (一)、車床
- (二)、銑床
- (三)、雷射切割機
- (四)、高斯計
- (五)、游標高度規

## 二、使用材料：

- (一)、鋁材
- (二)、壓克力
- (三)、永久磁鐵

## 肆、研究過程或方法

### 一、相關專利搜尋

我們經由中華民國專利資料檢索系統來搜尋相關的發明，搜尋後部分發明圖式摘錄如下所示。圖 1 為專利公開號碼 200814958 的磁性清掃器 MAGNETIC SWEEPER，圖 2 為專利證號 M271625 的手提式吸鐵器，圖 3 為 M274629 的小型鐵件安全吸拾器，圖 4 為工具機切削水循環系統中分離出鐵金屬裝置。

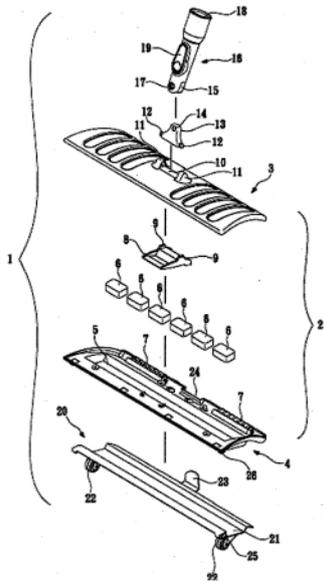


圖 1、磁性清掃器

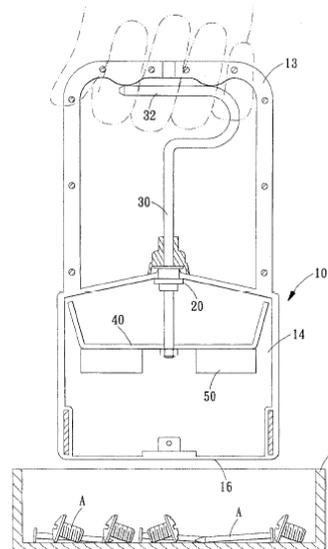


圖 2、手提式吸鐵器

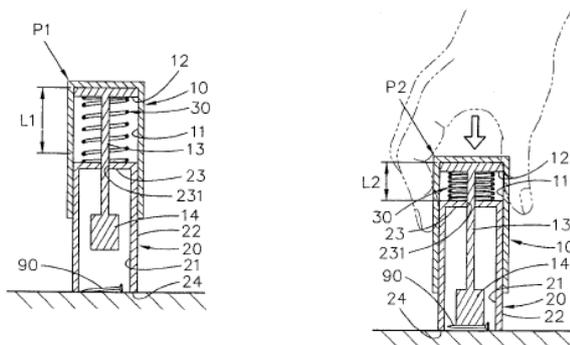


圖 3、小型鐵件安全拾取裝置

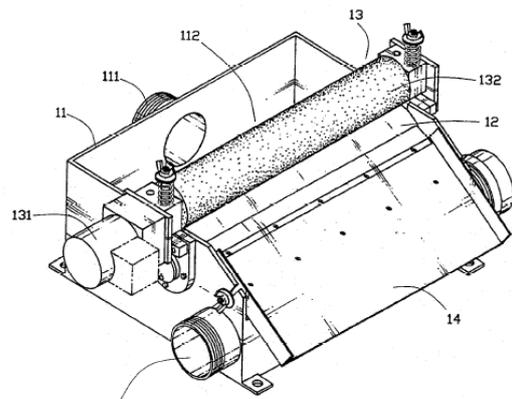


圖 4、鐵金屬分離裝置

## 二、磁鐵的特性

磁鐵分成天然磁鐵與人造磁鐵。天然磁鐵是在大自然中高溫高壓下產生的，而人造磁鐵又分成兩種，一種是利用特殊金屬製造的永久磁鐵(永磁體)，另一種是電磁鐵，電磁鐵是利用漆包線做成線圈再通電，利用電生磁的原理製造而成。

## 三、磁鐵的應用

### (一)、磁性物質

磁性並不是所有物直接都可以磁化的，只有特定幾種金屬可以磁化，最為人熟知的就是鐵，在一般的鐵中其實有許多排列凌亂的磁極分子，可以想像成一些非常小的磁鐵，但是並沒有方向性，所以磁性在亂數排列下被抵銷了，沒磁化的鐵沒磁性即為此理。有磁性的物質即是這些小分子規律排列，也就是 N 極朝向一邊，S 極朝向另一邊，就如同我們常見的磁鐵一邊是 N 另一邊是 S 一般。永久(天然)磁鐵形成的原因是金屬因地熱岩漿融解成液態，受地球磁場排列規律後冷卻形成的。

### (二)、磁力強度

一般磁鐵的用磁通密度來表示其強度，單位為高斯。磁場強度 H 亦稱為磁化力即單位正極在磁場內所受力的大小，單位為奧斯特(Oersted)，一奧斯特相當作用於一單位磁極產生一達因(Dyne)作用力的磁場強度，另有以安培匝/米表之。磁力線愈密集地方磁場強度愈大。通過某一定面積之所有磁力線總數即稱為磁通量。但單由磁通量 並不能描述出磁力線集中程度，在垂直於磁場方向的平面上單位面積內之磁通量稱之為磁通密度 B 其單位為高斯(Gauss)或是特士拉(T)， $1T=10000G$ 。

### (三)、磁力的大小

磁鐵 N、S 極間相互作用之力的定律與正負電荷間相互作用之靜電力的定律非常相似，在磁場合中的作用力均可用下列公式表示。

$$F = k \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

上式中  $F$  表示磁力(N)， $F$  與"兩磁鐵的磁場強度  $m$ (又稱磁荷)"及"兩磁鐵的距離  $r$  有關"。其中  $k$  表示磁力的一個常數， $k=10^7/(4\pi)^2 \doteq 6.33 \times 10^4$ 。N 極上的磁荷常以 "+" 符號表示，S 極上的磁荷則以 "-" 表示。

上式可以改寫成下式：

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

其中的  $\mu_0$  為真空中的導磁率，其值為  $4\pi \times 10^{-7}$ 。

當磁極間的介質非真空或是空氣時，磁極間相互作用之力大小如下：

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0\mu_r} \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$\mu_r$  為磁極間介質的相對導磁率(空氣為 1)

利用庫倫定律，可以以下列公式表示距離  $m(\text{wb})$  之磁極  $r(\text{m})$  處的磁場強度：

$$H = \frac{1}{4\pi\mu_0\mu_r} \times \frac{m \times 1}{r^2} = \frac{m}{4\pi\mu_0\mu_r r^2} [A/m]$$

在磁鐵下方的磁通密度  $B$  可以經由高斯計量測而得，在假設的均勻磁場中磁場強度  $H$ ， $H$  單位為 A/m

$$B = \mu_0 H$$

$B$  為磁通量密度，單位為 T(Tesla，特士拉)表示( $\text{Wb}/\text{m}^2$ )。

$$B = \frac{m}{A}$$

$A$  為發出磁力線的截面積大小，單位  $\text{m}^2$ 。

$m$  為磁通量，單位韋伯(Wb)。

在實驗設計上，我們使用有直徑 10mm 及 6mm 兩種強力磁鐵，在磁極表面的磁通密度  $B$  可以經由高斯計量測而得，可以換算出磁極表面的磁荷強度  $m$ ，由於我們的實驗空間為空氣，因此磁場強度公式如下：

$$H = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m}{r^2} [A/m]$$

#### 四、磁鐵應用上的特性實驗。

(一)、不同尺寸大小(直徑 6 及 10mm)的磁鐵對不同重量鐵屑的最遠吸引距離測量。

實驗設計：應用機械實習工廠內的游標卡尺原理，利用移動的副尺，製作出一可以自行停止的機構，藉以量測出當磁力消失或是產生作用時的高度，設計的實驗設備如圖 5 所示，其中為了避免人為觀察誤差，我們製作了利用鋼珠導電的設計，當鋼珠被吸引離開鋼珠座時，馬達立刻停止，此時讀出高度值。

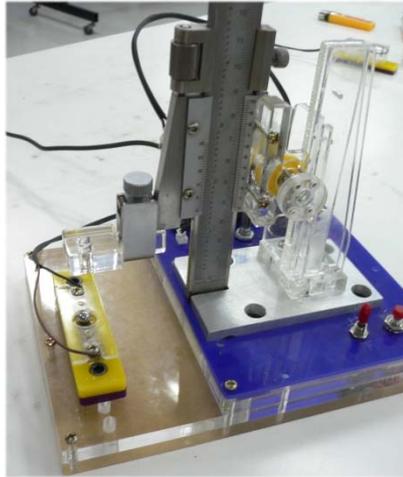


圖 5 磁力吸引距離實驗架構

實驗設計為使用不同大小的磁鐵(直徑 6mm\*6mm 長，及直徑 10mm\*10mm 長)來吸引鋼珠，我們所使用的鋼珠有 8mm、6mm、4mm、等三種大小。

(二)、不同尺寸大小(直徑 6 及 10mm)的磁鐵對不同重量鐵屑的脫離距離測量。

如同吸引距離的實驗，我們亦想了解使鋼珠脫離磁力的距離關係，因此我們亦設計了一個測試台，以前面的自動游標高度規實驗為基礎，將原本鋼珠台設計成反方向如圖 6 所示，鋼珠受磁力作用吸附在兩個電極間，導電使馬達動作磁鐵上升，直到磁力消失，鋼珠掉落，在讀出高度位置。



圖 6 鋼珠脫落實驗設計

(三)、由於我們構想的拾取裝置是一個較大面積的範圍，因此計畫使用一排的磁鐵，所以磁鐵排列狀況可能會影響到磁力的吸力大小，因此這部分需要做實驗，了解當兩顆磁鐵在不同距離時對鋼珠吸力大小，磁鐵裝置的方式如圖 7 所示。實驗中兩顆磁鐵在裝配時的極性位置設計成兩種狀況，一種為同極朝下，另外一種是一個 N 極朝，另一個 N 極朝上，藉實驗了解產生的效果分析。

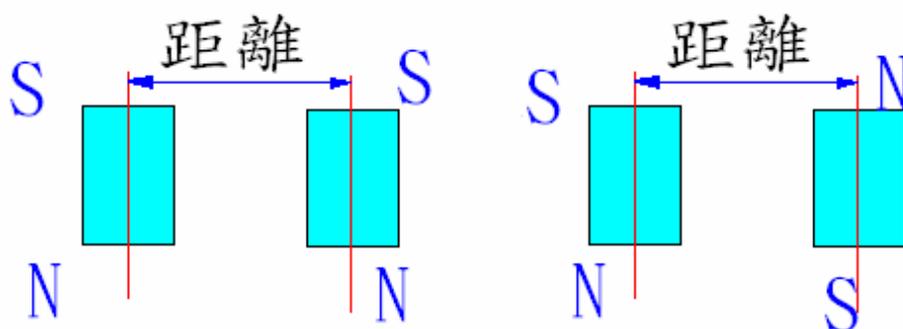


圖 7 兩顆磁鐵的裝置情況

(四)、磁力的量測常使用高斯計，因此我們也利用高斯計來量測不同磁極排列方式，所產生的磁通密度來做比較。我們仍然利用前面的游標高度規來控制磁鐵的高度，將高斯計的測頭放置於磁極的中央位置，量測不同高度時的磁通密度，實驗架構如圖 8 所示。



圖 8 磁通密度測量架構

(五)、假設當數個磁鐵在不同位置時因極性設計排列不同會對吸力有影響，這部分的實驗是觀察鐵粉在磁場上散佈的情況，藉以了解未來在設計吸拾裝置時磁鐵的相關位置。在實驗設計上我們製作一個實驗台，可以調整磁鐵的極性位置及相對距離，完成的實驗設備如圖 9 所示，實驗設計的變數為磁鐵直徑有 6、10mm 兩種、間隔距離 20mm，數量 3 顆，放置的極性有 NNN、NSN 兩種，磁鐵的放置方向有 V(垂直)及 H(水平)。將各種組合的情況照相，經由平板上的刻畫，比較磁場分佈的情況，尤其是極性不同排列下的效果。

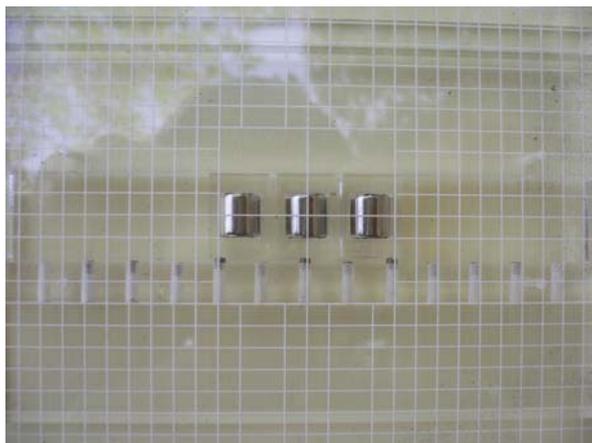


圖 9 鐵粉磁場分佈實驗設計

## 五、機構的設計

### (一)、輪胎的摩擦力

由於我們計畫利用輪子的摩擦力產生扭力來使機構轉動，因此輪面的設計上需要考慮摩擦力的大小。當物體離地那一面與地面上相互作用時，稱為摩擦力，而摩擦力若用在輪胎與地面的交互作用力部分，我們稱之為「輪胎抓地力(亦簡稱抓地力)」。因為車輛與地面接觸的部分只有輪胎而已，所以車輛之所以能加速、轉彎、煞車，全都可以視為是輪胎與地面間作用力的結果。抓地力就是輪胎能夠抓住地面的力量，也就是輪胎與地面的摩擦力 (F)。其大小由當時輪胎之垂直荷重 (N) 與當時輪胎-地面間的摩擦係數 ( $\mu$ ) 決定，亦即  $F=\mu N$ 。只要  $\mu$ 、N 不變的情況下 (換言之，車重相同，路面也相同)，任何時候此兩個方向力的合力 (F) 大致維持一定。

我們設計的輪胎是利用市售圓形皮帶，具有橡皮的特性，可以增加輪子與地面的摩擦力，使用時先量測實際長度，再以打火機加熱端面，略為溶化後對接保持固定到凝固，最後再修整一下表面後就可以套入輪子了。

(二)、齒輪傳動的速比計算。

輪子產生的扭矩經由齒輪傳遞到內輪使磁鐵座可以轉動，因此對於齒輪使用與設計原則，需要有一定的了解，齒輪設計上需要考慮輪系值  $e$ ，圖 10~13 為各種齒輪系的設計。

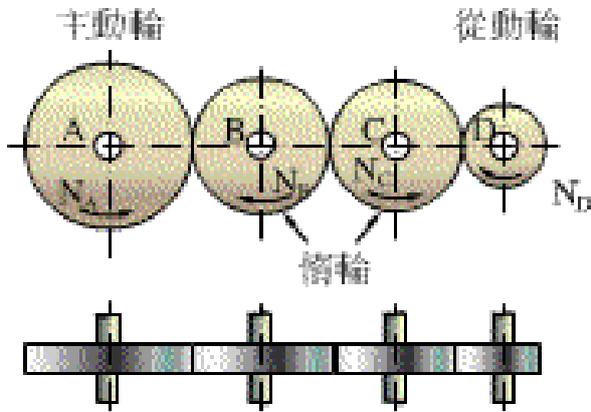


圖 10 單式輪系

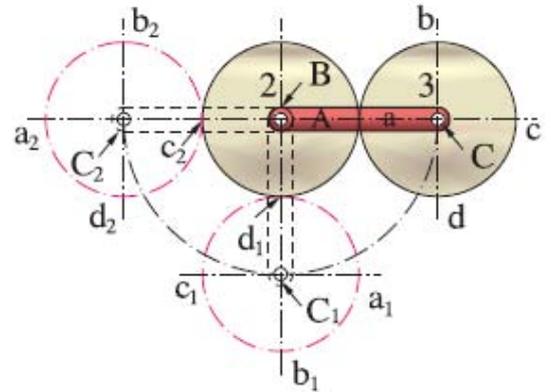


圖 11 週轉輪系

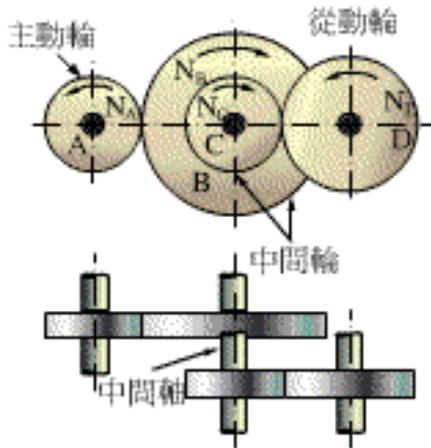


圖 12 復式輪系

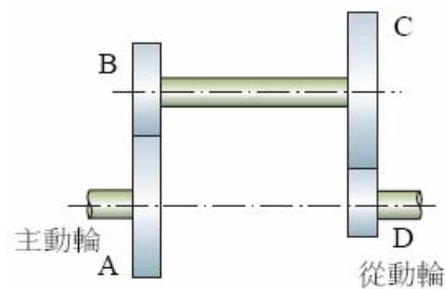


圖 13 回歸輪系

$$e = \pm \frac{N_{\text{末輪}}}{N_{\text{首輪}}} = \pm \frac{N_{\text{從動輪}}}{N_{\text{原動輪}}}$$

單式輪系中惰輪的個數及齒數與輪系值無關。惰輪雖與輪系值無關，但卻與首末兩輪的迴轉方向有關。凡惰輪數目為奇數者，則首末兩輪的迴轉方向相同，即輪系值為正號；凡惰輪數為偶數者，則首末兩輪的迴轉方向相反，即輪系值為負號。由於加工正齒輪的成本較低，取得也較容易，因此我們以正齒輪為設計基礎，圖 14~15 為內接正齒輪及外接正齒輪。齒輪在設計製作時須注意其模數要相同，再來依照所需要的速比及軸心距離計算出齒輪節圓大小，作為加工的依據，圖 16 為正齒輪各部位名稱。



圖 14 內齒輪



圖 15 正齒輪

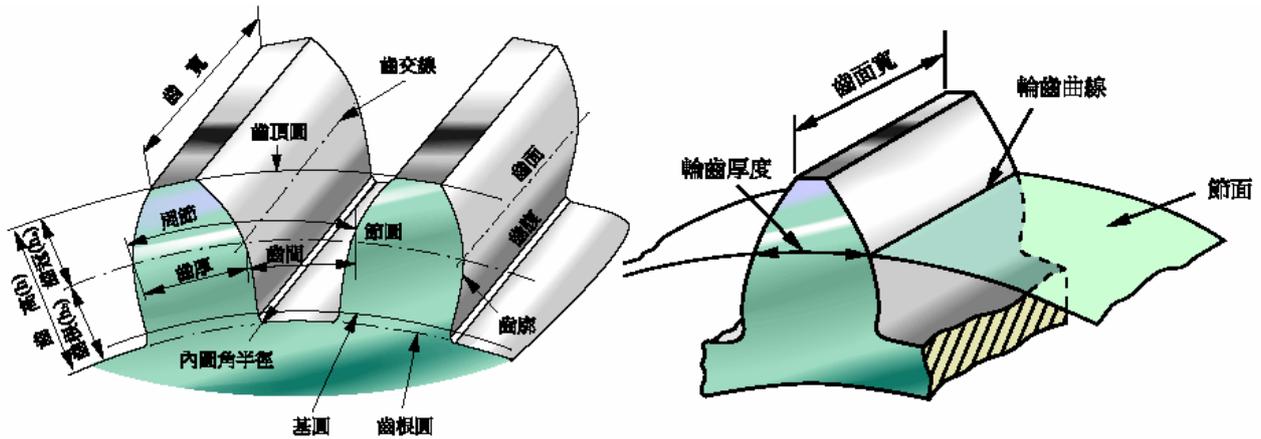


圖 16 齒輪各部位名稱

模數  $M$  用於表示公制齒輪之大小，為節徑  $D(\text{mm})$  與齒數  $T$  之比值，以  $M$  表示。模數愈大，齒形愈大。

$$M = \frac{D}{T}$$

## 六、成品設計與製作

### (一)、 驅動部分

我們初步的構想是利用輪胎的摩擦力來帶動齒輪機構運轉，使鐵屑能連續拾取，所以其動力的傳遞如下：

手推拾取裝置 → 輪子滾動 → 心軸產生扭矩 → 齒輪傳遞動力至中間圓筒 → 圓筒轉動使磁鐵座轉動 → 在圓筒轉動一圈時，磁鐵座被凸輪限制住，可以上下移動 → 鐵屑在內輪面前被磁鐵座磁力吸住 → 鐵屑吸附在內輪面往上旋轉 → 到後方後磁鐵座下壓，磁力線脫離鐵屑 → 鐵屑掉落收集盒內。

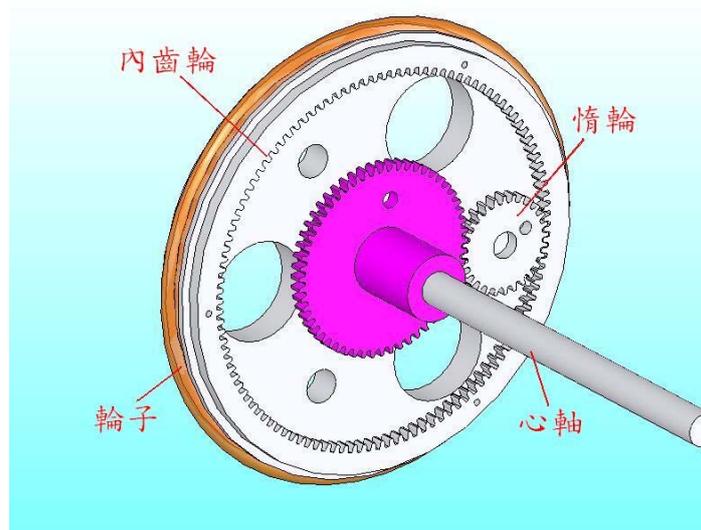


圖 17 傳動機構齒輪設計

圖 17 為機構設計示意圖，圖 19 上所示中央兩外接圓為齒輪示意設計，外齒輪的節圓直徑分別為 28mm 及 56mm，帶動輪上為一內齒輪，節圓直徑為 112mm，經過輪系轉換，輪子正轉旋轉一圈時，內部圓筒反轉二圈，這樣的設計可以增加吸附效率。

$$e = \frac{N_{\text{末輪}}}{N_{\text{首輪}}} = \frac{D_{\text{首輪}}}{D_{\text{末輪}}} = -\frac{112}{56} = -2$$

在輪子轉向部分的設計時，由於考慮當鐵件較大時，若直接壓滾過時會有問題，因此我們設計一組惰輪，讓車輪及內輪(磁鐵座)的轉向相反，這樣可以使輪子前進時，鐵屑可以從輪面上直接吸引上來，避免被壓過。

在齒輪的製作上，原本想購買現成的齒輪來組裝，可是詢價後發現價格很貴，所以我們想自行製作，初步設計齒輪模數為 2，請老師利用繪圖軟體以參數方式設計完成齒輪的齒形，再經由雷射加工完成製作。

## (二)、 凸輪設計

為了使鐵屑能自行脫落，不需要使用刮板避免刮傷輪面，因此我們利用凸輪板的方式使磁鐵座遠離內輪面，這時磁力線消失，鐵屑自行脫落掉收集盒內如圖 18~19 所示。

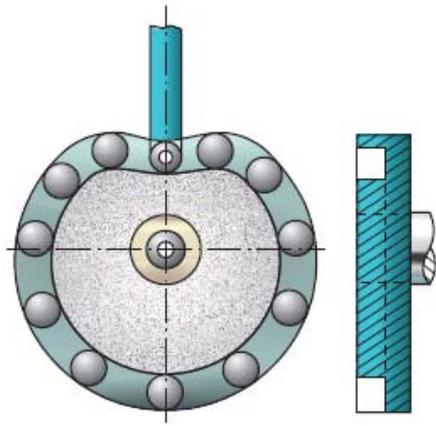


圖 18 確動凸輪

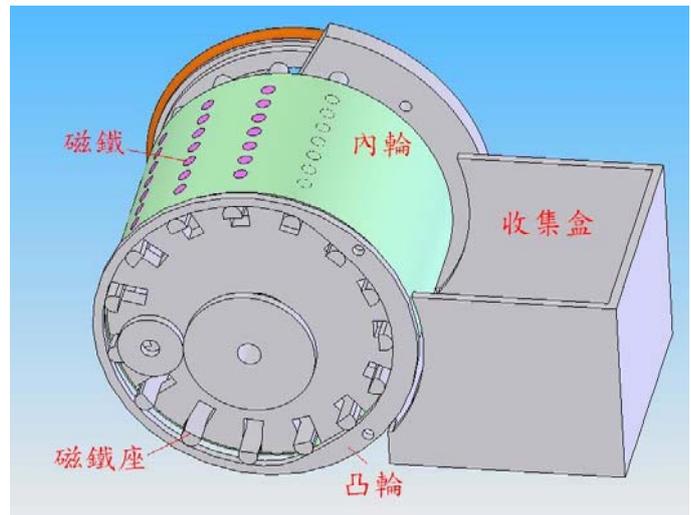


圖 19 磁鐵座被凸輪限制

### (三)、 磁鐵座設計

經過設計初步的架構如下圖 20 所示，圖中為磁鐵裝置位置，磁鐵裝設固定一滑塊上，滑塊外側為一塑膠圓筒，當磁鐵接近塑膠圓筒外側時，鐵屑會被吸附上來，當圓筒轉至一定位置時，滑塊遠離塑膠圓筒，鐵屑脫離後掉入鐵屑收集箱內，初步設計磁鐵座的磁鐵距離 11mm。在設計時由於進度關係，我們同時進行磁力實驗及機構製作，考量磁鐵座修改時不會花太多時間成本，因此先以 11mm 間距製作，未來若需要修正整體機構時，只需要修改磁鐵座即可。

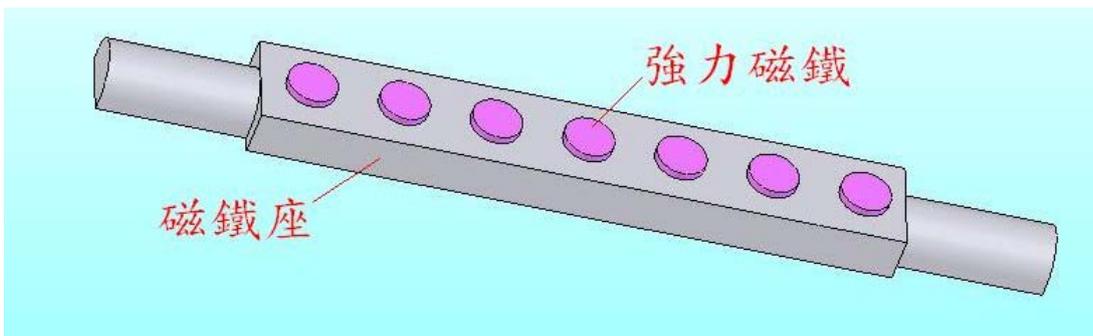


圖 20 磁鐵座設計圖

### (四)、 整體設計

利用 Solid Work 3D 繪圖軟體完成零件設計及組立，構想完成的整體設計如下圖 21~22 所示。

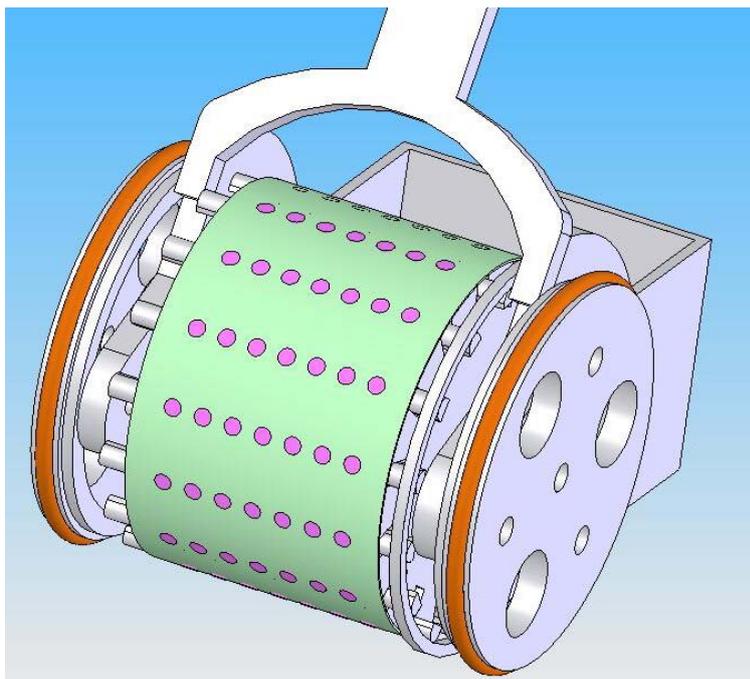


圖 21 設計完成結構圖

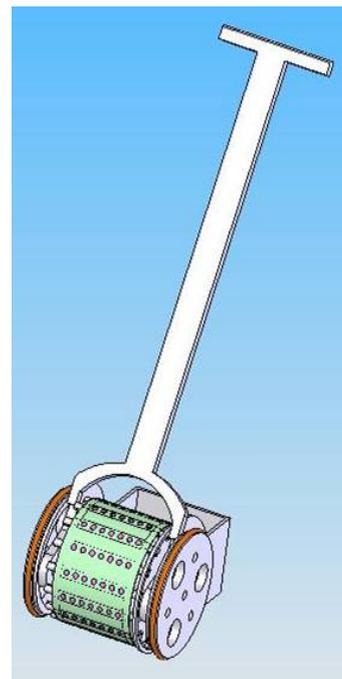


圖 22 整體設計

#### (五)、 加工與組立

零件的加工部分主要以雷射切割為主，學校雷射切割是利用 CO<sub>2</sub> 雷射，因此只能切割非金屬材料如塑膠、木材等，使用上類似印表機，只要設定圖面上各種顏色的雷射移動速度、雷射強度、及 PPI 大小即可如圖 23 所示，我們利用立體繪圖軟體完成的 2D 零件圖，經由 AUTO CAD 2D 切割，將各零件加工完成後，就可以組立，組立時必須注意壓克力材料的特性，易脆所以在固定螺絲時只要鎖緊即可，不可太用力，否則會導致壓克力破裂，圖 24~25 為加工零件後組立的半成品。



圖 23 雷射加工



圖 24、單側加工組立圖

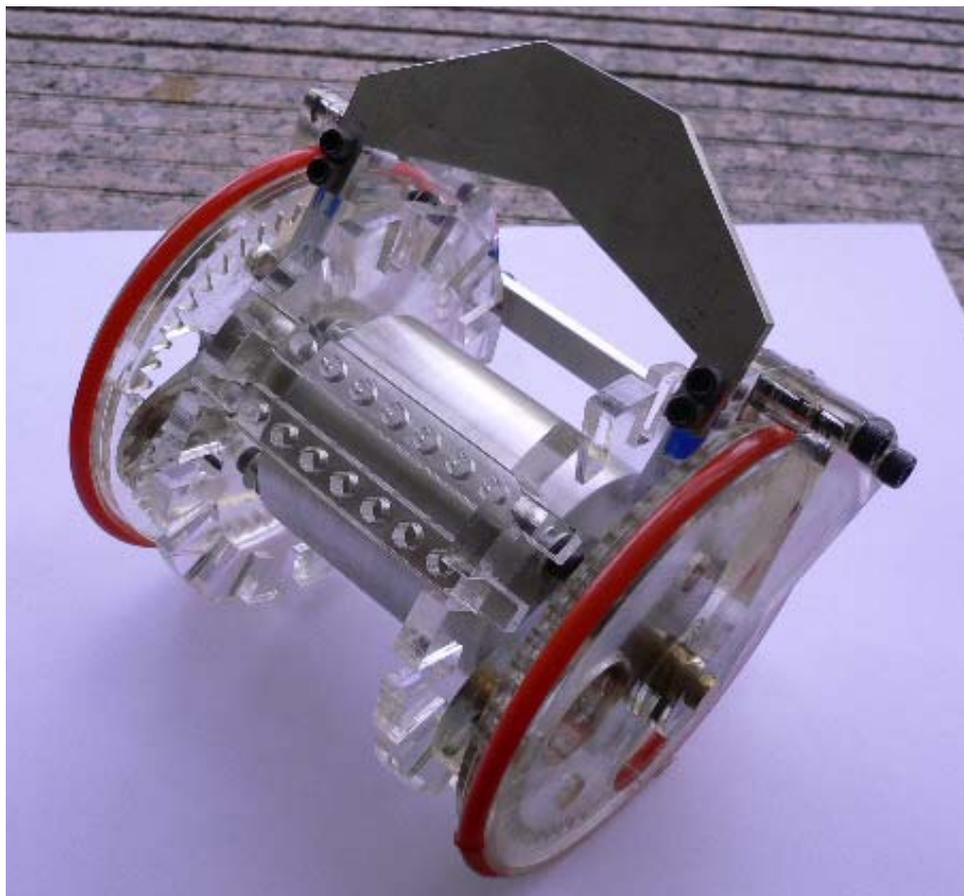


圖 25、整體部份組立完成作品

## 伍、研究結果

### 一、實驗架構的製作過程與修正

磁力測試實驗架構，經過初步製作組立後實驗，發現測試上有很多問題，因此我們針對這些問題做了一段時間的處理！

(一)、磁力實驗初步架構完成後，我們利用兩顆 1.5V 乾電池來驅動，發現馬達力量不足，測量平台上下移動不順，因此我們就修改為可以使用變壓器來當作電源，可是使用變壓器時電壓太高，動作太快有慣性，測試平台會有跑過頭的現象，電壓太低又不順，因此又修改電路，增加一組繼電器，讓當馬達停止轉動時，其兩條電源線短路，使馬達心軸有煞車效果。經過修正後我們使用 6V 的電壓，當以手動方式驅動，可以有瞬間煞車的效果。

(二)、修正後繼續測試，又發生問題，原本連接馬達的電源線是利用小接頭連接，可以拆裝，可是當馬達運動時又發現會有斷續斷續的動作，檢查後發現小接頭會在馬達上下運動時搖晃，導致接觸不量，後來修正直接以鉚錫連接，就沒有再發生這種狀況。

### 二、單顆磁鐵磁力吸引實驗結果

磁力的大小與距離的平方成反比，因此當磁鐵越大顆時磁力越強，表一及表二為單顆磁鐵的實驗結果，圖 26 為不同直徑磁鐵吸引鋼珠之結果。

表一、單顆直徑 6mm 磁鐵吸引鋼珠距離實驗結果

單顆磁鐵直徑 6mm								
鋼珠大小	1	2	3	4	5	平均	原來	距離
8	20.22	18.44	19.42	20.22	19.36	19.532	7.5	4.032
6	17.52	17.4	17.62	18.2	17.74	17.696	7.5	4.196
4	17.2	17.48	17.2	17.18	16.78	17.168	7.5	5.668

表二、單顆直徑 10mm 磁鐵吸引鋼珠距離實驗結果

單顆磁鐵直徑 10mm								
鋼珠大小	1	2	3	4	5	平均	原來	距離
8	25.5	26.1	26.08	25.3	25.1	25.616	7.76	9.856
6	24.72	25.5	24.76	24.54	24.2	24.744	7.76	10.984
4	23.34	23.2	23.3	22.8	21.38	22.804	7.76	11.044

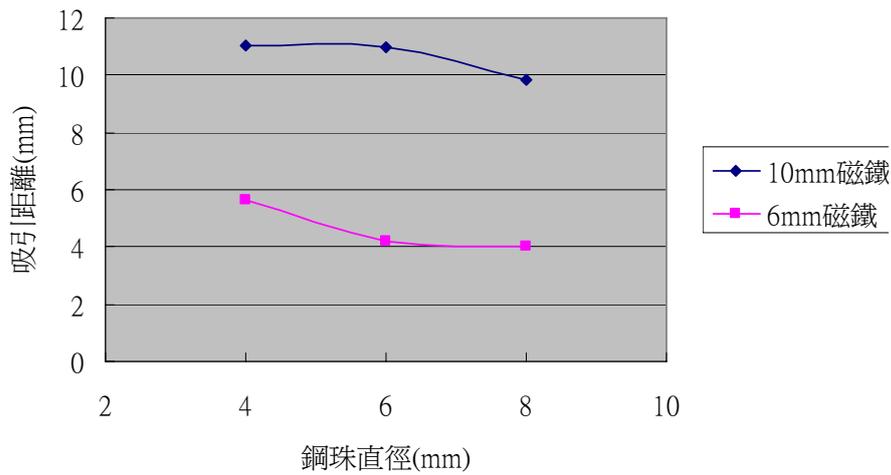


圖 26 單顆磁鐵吸引鋼珠距離比較

單顆磁力脫離實驗結果如表三及表四所示，圖 27 為實驗結果的比較圖。就單顆磁鐵而言，吸引與脫離的相對關係如圖 28~29 所示。

表三、單顆直徑 6mm 磁鐵鋼珠脫離距離實驗結果

單顆磁鐵直徑 6mm 脫離								
鋼珠大小	1	2	3	4	5	平均	原來	距離
8	25.6	26.3	25	25.58	26.92	25.88	21	4.88
6	27.1	27.34	27.3	27.5	27	27.248	21	6.248
4	28.8	29.5	28.5	28.2	28.7	28.74	21	7.74

表四、單顆直徑 10mm 磁鐵鋼珠脫離距離實驗結果

單顆磁鐵直徑 10mm 脫離測試								
鋼珠大小	1	2	3	4	5	平均	原來	距離
8	32.2	32.08	31.9	30.6	31.6	31.676	21.02	10.656
6	32	32.59	32.48	32.34	32.76	32.434	21.02	11.414
4	34.68	34.72	35.6	34.82	35.22	35.008	21.02	13.988

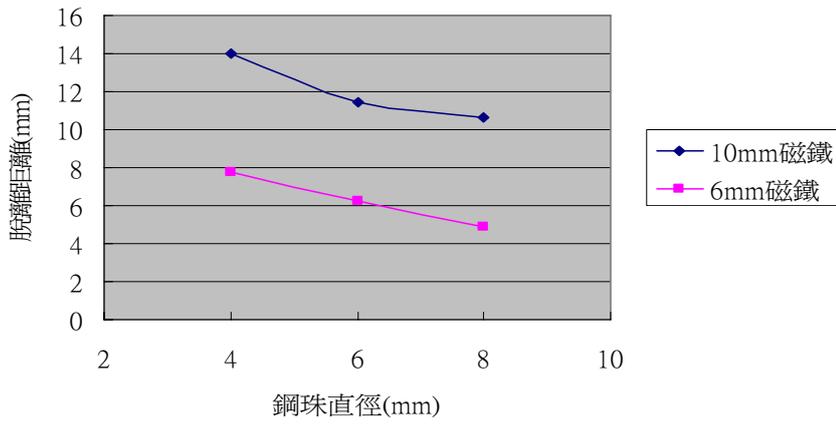


圖 27 單顆磁鐵脫離距離實驗結果

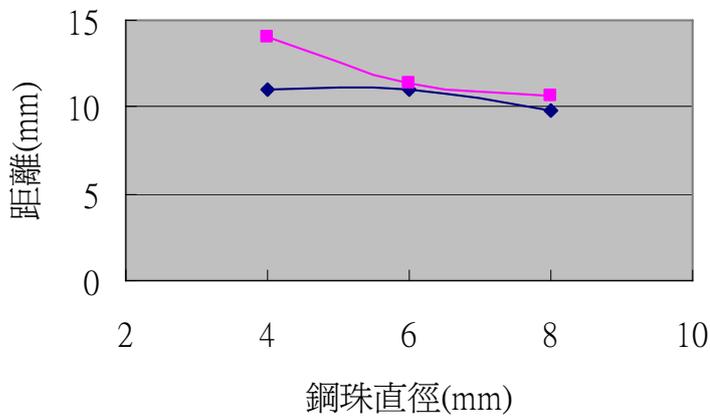


圖 28 直徑 10mm 單顆磁鐵鋼珠脫離實驗結果比較

(紅色脫離、黑色吸引)

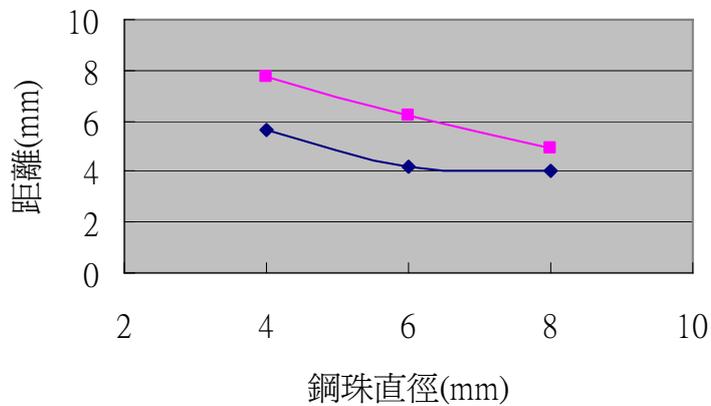


圖 29 直徑 6mm 單顆磁鐵脫離實驗結果比較(紅色脫離、黑色吸引)

### 三、雙顆磁鐵磁力實驗結果

在雙顆磁鐵的實驗結果如表五、表六所示，在實驗過程中當磁鐵座已碰到鋼珠時，其距離為 0，表示這種狀況鋼珠是吸不起來的。圖 30、31 為雙顆磁鐵磁力比較圖。

表五 10mm 雙顆磁鐵吸力測試					
		磁鐵距離			
		15	20	25	30
磁鐵排列	ns	10.416	10.2	9.452	7.016
	nn	10.404	10.5	7.628	0

表六 6mm 雙顆磁鐵吸力測試						
		磁鐵距離				
		10	15	20	25	30
磁鐵排列	ns	4.656	4.596	2.7	0	0
	nn	5.436	3.78	0	0	0

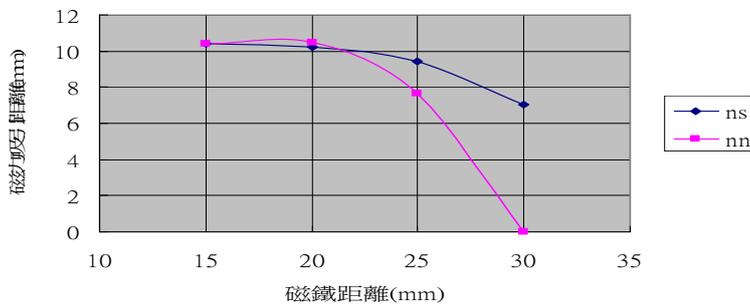


圖 30 雙顆 10mm 磁鐵吸力實驗結果比較

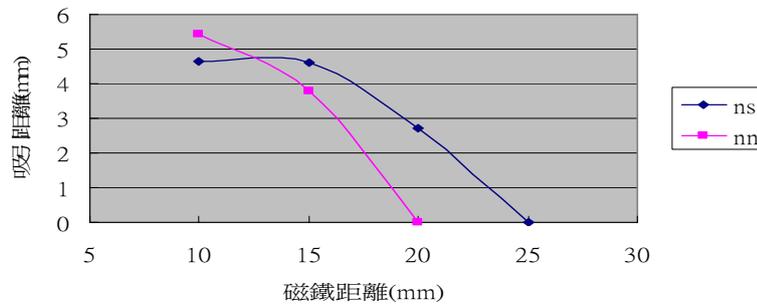


圖 31 雙顆 6mm 磁鐵磁力實驗結果比較

#### 四、使用高斯計測量磁通密度實驗結果

表七：高斯計量測 6mm 磁鐵的磁通密度實驗紀錄表

高斯計 mT	單顆磁鐵	6mm 雙顆磁鐵(NN 排列)		6mm 雙顆磁鐵(NS 排列)	
	6mm	兩顆磁鐵距離 mm		兩顆磁鐵距離 mm	
距離		NN 距離 15mm	NN 距離 25mm	NS 距離 15mm	NS 距離 25mm
0	256.5	15.82	6.6325	4.3425	1.6425
2	77.2625	15.2525	3.0325	3.665	0.68
4	45.825	15.0125	0.42	1.815	0.735
6	24.825	13.4475	2.16	0.9575	1.1625
8	15.025	10.325	3.7175	0.4475	0.945
10	9.7	8.77	3.5425	0.375	1.2375
12	7.1625	6.8675	3.3925	0.165	0.98
14	4.885	5.465	3.0175	0.205	0.6625
16	3.6425	4.5375	2.64	0.18	0.3775
18	2.8	3.6375	2.295	0.1025	0.1475
20	2.19	3.0075	1.9925	0.0875	0.18

表八：高斯計量測 10mm 磁鐵的磁通密度實驗紀錄表

高斯計 mT	單顆磁鐵	10mm 雙顆磁鐵(NN 排列)		10mm 雙顆磁鐵(NS 排列)	
	10mm	兩顆磁鐵距離 mm		兩顆磁鐵距離 mm	
距離		NN 距離 15mm	NN 距離 25mm	NS 距離 15mm	NS 距離 25mm
0	301.75	74.03	9.855	36.66	2.75
2	158.95	65.35	3.3175	28.97	0.7375
4	92.05	57.825	9.74	17.7475	2.53
6	50.925	46.645	12.825	8.1975	2.8325
8	32.725	30.185	13.15	5.4375	2.7325
10	20.55	23.0275	12.5775	0.535	1.9225
12	20.875	19.43	11.4025	0.42	1.2775
14	15.8	16.085	10.065	0.625	0.885
16	12.025	15.38	8.9175	0.885	0.9075
18	9	13.165	7.9675	0.3975	0.3675
20	7.55	10.55	7.0075	0.485	0.13

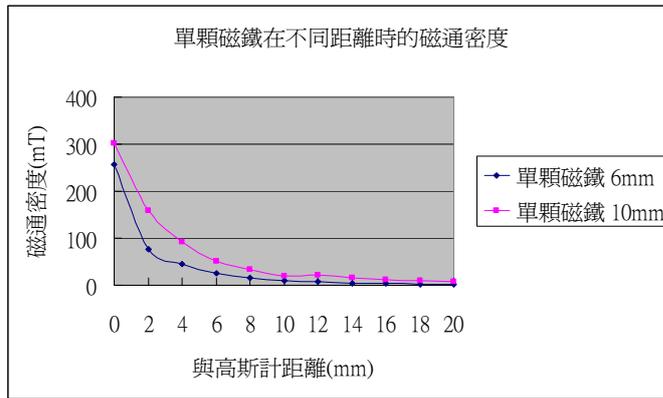


圖 32 不同直徑單顆磁鐵在不同距離時的磁通密度

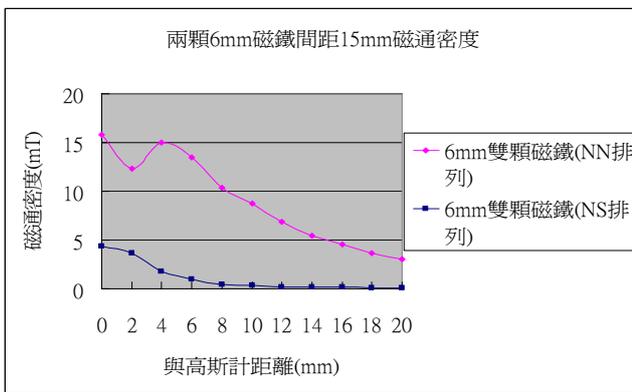


圖 33 雙顆 6mm 磁鐵間距 15mm 結果

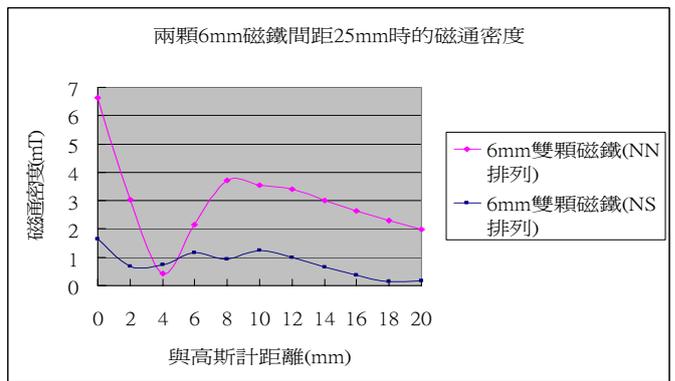


圖 34 雙顆 6mm 磁鐵間距 25mm 結果

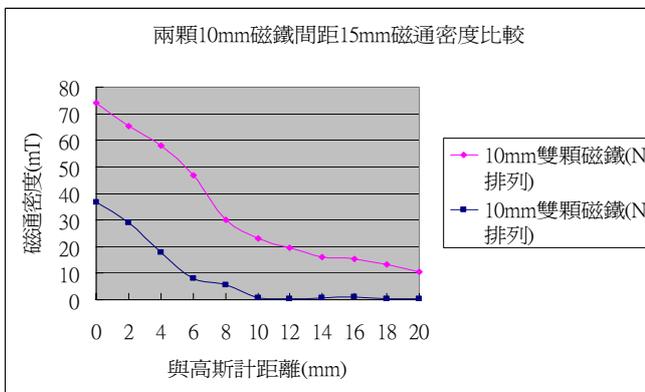


圖 35 雙顆 10mm 磁鐵間距 15mm 結果

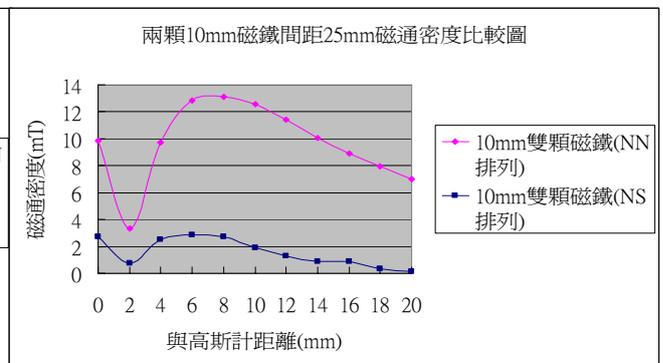


圖 36 雙顆 10mm 磁鐵間距 25mm 結果

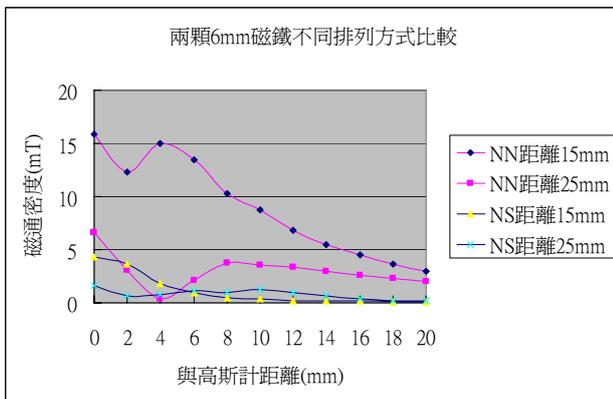


圖 37 雙顆 6mm 磁鐵不同排列方式結果比較

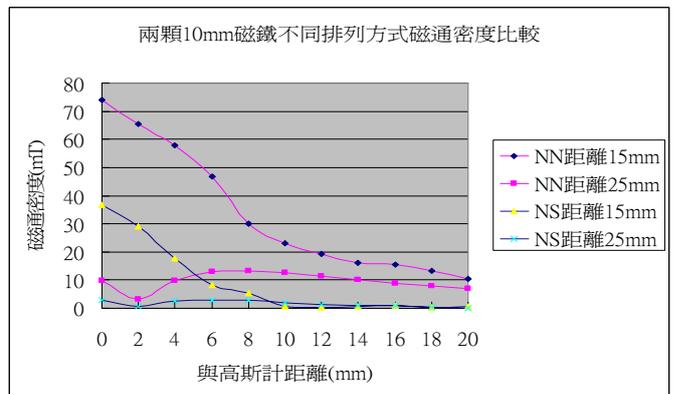


圖 38 雙顆 10mm 磁鐵不同排列方式結果比較

## 五、磁力線分佈結果

其中磁鐵的應用分別為 6mm 及 10mm 兩種，磁鐵的排列方式有直立 V 及橫臥 H 兩種，所得結果分別如下圖 39 所示，注意拍照的位置及大小要一樣。

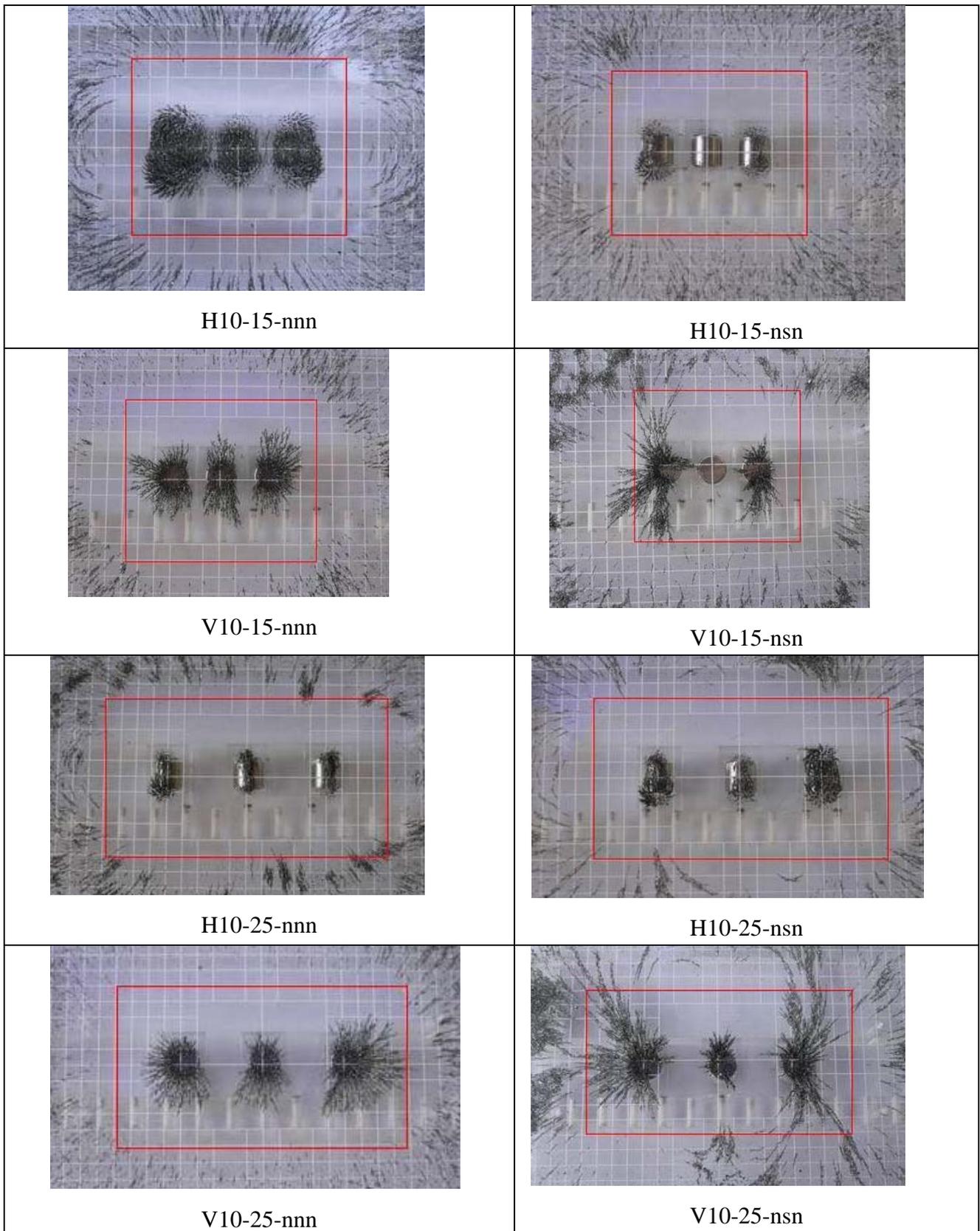


圖 39、磁力線觀察結果

## 六、吸拾裝置組立完成試驗結果

經過零件加工及組立後，完成的作品如下圖 40 所示，使用時只要單手推動本裝置，輪子旋轉即可將鐵器吸拾起來如圖 41 所示。



圖 40、整體組立完成圖



圖 41、使用方式

### 設計上的特性

1. 直接利用輪子轉動時產生旋轉動力工作，不須其他能源，省能環保。
2. 利用內齒輪機構動作，使內輪轉速為輪子兩倍，增加吸取鐵屑的效率。
3. 鐵屑掉落為自然掉落，非刮下來，對內輪面而言無摩擦。
4. 除了工廠外，對於一般路面清潔工作或是事故路面清理亦可增加清理效率。

操作方法只要將輕鬆掃放置於地上，可以單手推動前進，輪子轉動同時帶動內輪反轉，內部的磁鐵透過內輪上的塑膠外殼吸住鐵屑，同時轉動，當內輪轉動至鐵屑盒上方時，磁鐵因凸輪作用，使得磁鐵離開內輪外殼，磁力線消失，鐵屑自行掉落鐵屑盒內。

## 陸、討論

### 一、磁鐵大小對於磁力的關係

從圖 26 實驗結果顯示磁鐵越大顆(就同樣的磁鐵材質而言)，吸引鋼珠的距離可以越遠，同樣的脫離所需要的距離亦越遠如圖 27 所示。從圖 28~29 中可以發現對於鋼珠直徑越大，則吸引距離與脫離距離越接近，鋼珠直徑越小則吸引與脫離的相對距離越遠，所以這點對於我們要拾取的鐵金屬大小有很大關係，當拾取的金屬較小時，甚至鐵粉時，其脫離距離就必須要更遠，否則鐵粉不會脫落。對於較大金屬時，由於其重力的關係，較容易自行脫離。

### 二、磁鐵在排列時，不同極性對於吸力的影響

從圖 30~31 中我們發現，當排列距離較遠時，磁鐵 NS 排列方式比 NN 排列方式，對鋼珠的吸力較大；但是排列距離較短時，兩種排列方式其吸力大小差異不大。磁鐵排列距離越短時，吸力越大，磁鐵使用越多，成本較高。因此我們在設計機構時，在考慮成本問題前提下，可以將磁鐵的距離設定約為 15mm~25mm，且磁極為 NS 排列方式。

### 三、高斯計量測結果討論

從圖 32 中可以發現單顆磁鐵的直徑越大，其磁通密度(mT)相對會較大，且距離越遠其磁通密度越小。在圖 33 及 35 中發現，兩顆磁鐵磁極距離 15mm，排列成 NN 時其磁通密度卻比排列 NS 的方式強；圖 34 及 36 中我們觀察到當兩顆磁鐵距離 25mm，以 NN 排列的磁通密度會比 NS 的排列方式強。在實驗過程中我們發現一種現象，當兩磁鐵距離 25mm 且排列方式為 NN 時，在距離約 2~4mm 位置時，測量的磁通密度會有驟降的情況發生，NS 排列也有一點這種情況，只是較不明顯，由於磁力線不會中斷及交叉，因此兩個磁極的磁力線會互相擠壓形成一個無磁力線的區域，高斯計量測值會驟降，這個區域稱為**磁中性區**，如圖 42 中的 SS 或 NN 中間區域。在圖 33~36 中發現，磁中性區在兩顆磁鐵距離較遠時容易量測出來，當距離近時，磁中性區可能被壓縮到一小區域，範圍較小。從圖 42 與圖 44 比較可以發現，磁極同極排列時(SS 或 NN)在距離磁極一定位置時，其磁力線比較密集，因此磁通密度比異極排列時大。可是磁極同極排列時(磁通密度大)卻反而比異極排列吸引相同鋼珠距離短，經過同學老師討論後，磁鐵的特性會因為很多因素而改變，如磁鐵大小、形狀、檢測的環境、實驗架構的穩定性等影響。這部分目前的分析有困難，但我們會努力去思考這部分實驗結果中所隱藏的內涵，對於鐵屑拾取裝置的設計還是採用鋼珠實驗的結果。

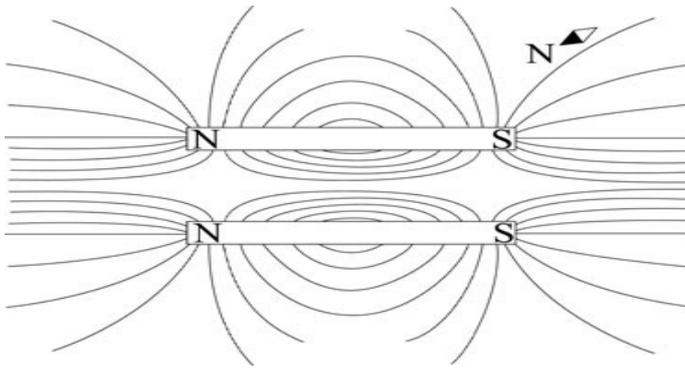


圖 42 兩磁棒平行放置且同極相鄰時

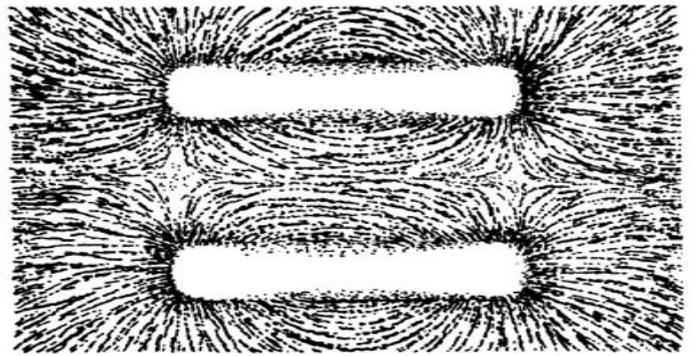


圖 43 相同磁極相鄰時鐵粉分布圖

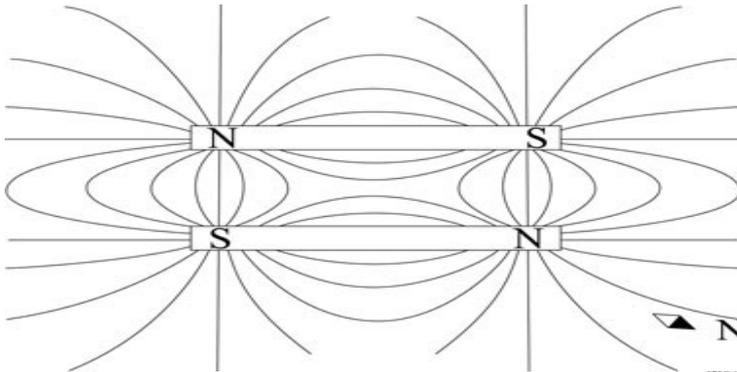


圖 44 兩磁棒平行放置且異極相鄰時

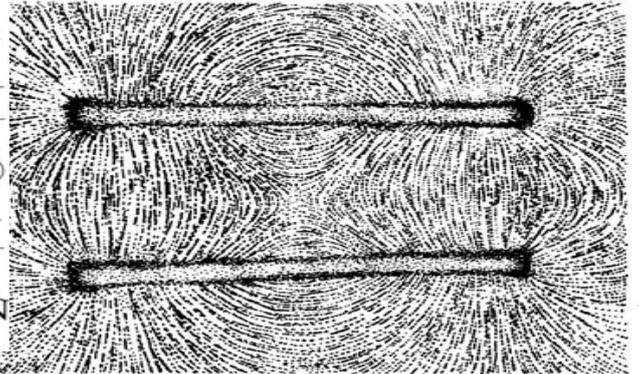


圖 45 異極磁極相鄰時鐵粉分布圖

#### 四、磁鐵在不同排列方式時，其磁場分佈的結果討論

從圖 39 中發現不同排列方式的磁鐵組合，產生的磁場效應也不同，NSN 排列的方式，其磁場在磁軸方向上可以有較遠的吸力，也符合討論二的結果。

#### 五、拾取裝置整體設計完成後的優缺點

整體製作完成後試用，發現效果不錯，機構的傳動上還算順利，鐵屑的吸拾上也很容易，但是對於小鐵粉的部分，可能因為磁力太強，所以有些細小鐵粉不會脫落，因此這部份需要改進，還有大部分零件都是利用壓克力製作，強度較小，因此修正時可以利用鋁合金來製作。

在機構設計上使用後有一點需要改良的，就是拾取裝置不能往後拉只能往前推，必須提起來才能移動下一個位置使用，這部分的改良可利用棘輪的方式完成，也是未來修正改善的地方。圖 46~51 為新的設計，在傳動接觸的部分我們增加了軸承，使機構運轉可以更順暢，內輪面與支架以較密接方式設計，鐵金屬不易跑入機構內，凸輪部分改為確動方式，使磁鐵座的上下動作更確實。傳動機構中增加一棘輪機構，可以使拾取裝置往前推時，內輪會反轉拾取鐵金屬，後拉時由於棘輪動作，內輪面不會轉動，要調整清理位置時就不需要將整個裝

置提起，只要後拉即可調整位置。在磁鐵座的設計上依之前實驗結果製作，磁鐵間距為 20mm，在圓周的排列位置也接近 20mm，上下移動的距離 20mm，磁鐵裝置為 nsn 排列。

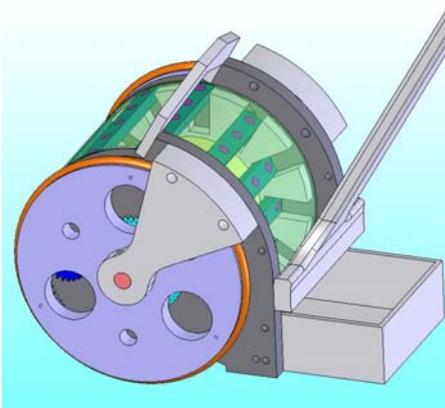


圖 46 新的設計

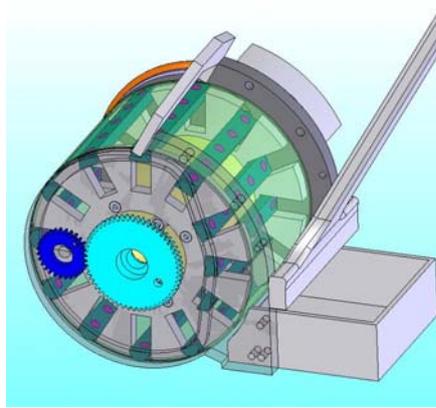


圖 47 確動凸輪機構

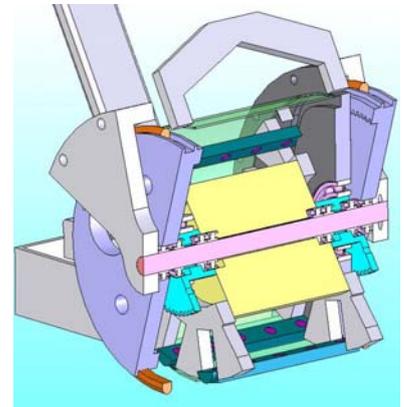


圖 48 軸承安裝位置

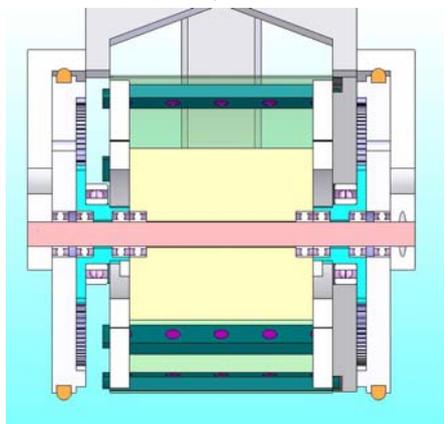


圖 49 軸承位置剖視圖

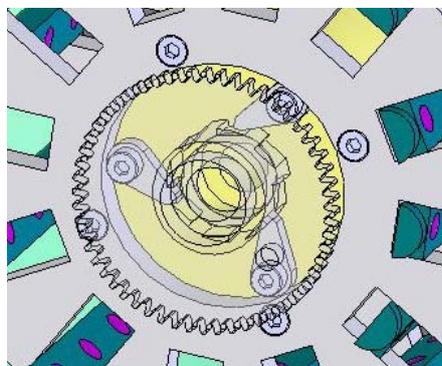


圖 50 棘輪機構

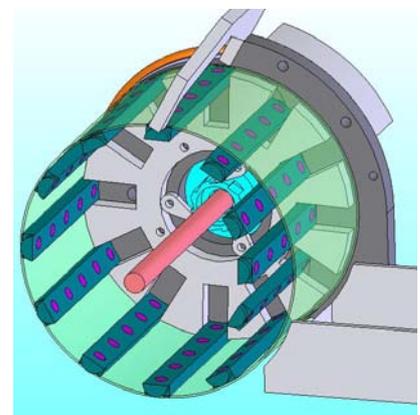


圖 51 另外一側棘輪機構

## 柒、結論

由於在參加一些創意比賽時，常常使用到強力磁鐵，因此對於磁鐵的一些特性必須要了解，因此我們想從理論及實驗兩方面進行研究，最後以結果實際設計製作一組利用磁鐵工作的機構。在理論的探討部分，磁鐵的磁偶永遠不會單獨存在，亦即有 N 極同時也會有 S 極的存在，磁力線從 N 極發出再從 S 極返回磁鐵內。在實驗的部分主要有觀察磁力線的分佈，及在不同磁極排列下對磁力的影響，從結果發現磁極排列距離 15~25mm，排列方式為 NSN 方式吸引與脫離效果較佳。

在實際設計創意作品部份，我們就實習工廠中的鐵屑清理工作設計一個清潔裝置，利用磁力來拾取鐵屑，在設計上我們利用輪子的摩擦力來驅動機構動作，不需要額外的能源，利用傳動齒輪的速比及轉向特性，使內輪面轉向與輪子相反，可以使較大的鐵屑從內輪面前吸

引上來，而不會壓過較大鐵屑影響整個裝置的前進。在齒輪比的設計部份使內輪面轉速是輪子的兩倍，可以增加拾取的效率。在新一代的設計中我們增加一些改良與修正，希望能在時間內將新的裝置製作完成，同時訓練我們加工與組立的技術與能力。

## 捌、參考資料及其他

1. 譯者蕭培熙·駱劍秋，基礎物理學(下冊)(第二版擴增本)，曉園出版社，民79年。
2. 朱國勳◎編著，機件原理 I、II，新文京開發出版股份有限公司
3. 張漢佑、施忠良著，機械基礎實習，民96年，新文京出版社。
4. 經濟部智慧財產局，中華民國專利資料檢索系統 <http://twpat.tipo.gov.tw/>。
5. 白中和譯，電磁學，建興文化事業有限公司
6. 第47屆中小學科展佳作（速速前-鐵粉顆粒在磁場分部中的受力行爲），作者：柯婉婷、賴維屏。指導老師：倪天昭 台中女中。
7. AutoCAD 訓練教材,無目誠、張雅惠編著。網奕資訊科技股份有限公司出版
8. 張木生、柯金河、黃寶霖、謝秀珍、李建億、張雅猛、吳清炎 編著，電腦輔助製圖與實習 I。華興文化事業有限公司 印行。
9. 謝旻淵、陳春明◎編著，機械製造 I 新文京開發出版股份有限公司
10. 吳良全◎編著，機械材料 I、II 新文京開發出版股份有限公司
11. 高斯計使用說明書
12. Demolab 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/index.php>
13. 中山大學 West BBS-西子灣站  
<http://bbs3.nsysu.edu.tw/txtVersion/treasure/laser/M.898678199.A.html>
14. [www.tkgsh.tn.edu.tw/phy651/高中教材 powerpoint/](http://www.tkgsh.tn.edu.tw/phy651/高中教材/powerpoint/)

## 【評語】 090908

- 1、 本作品運用多種機電原件和原理，成功組合成一容易操作且高效率的鐵件安全拾取裝置，為一傑出的機械設計案例。
- 2、 設計過程之分析完整，實驗的設計和執行詳密嚴謹，手工製作組合成之作品具美感，且操作非常方便。
- 3、 對完全不同尺寸的鐵屑，鐵粒和廢鐵塊之同時拾取之效率測試宜加強補足，以提高本作品之強健性(Robustness)。