

簡易直流馬達的研究

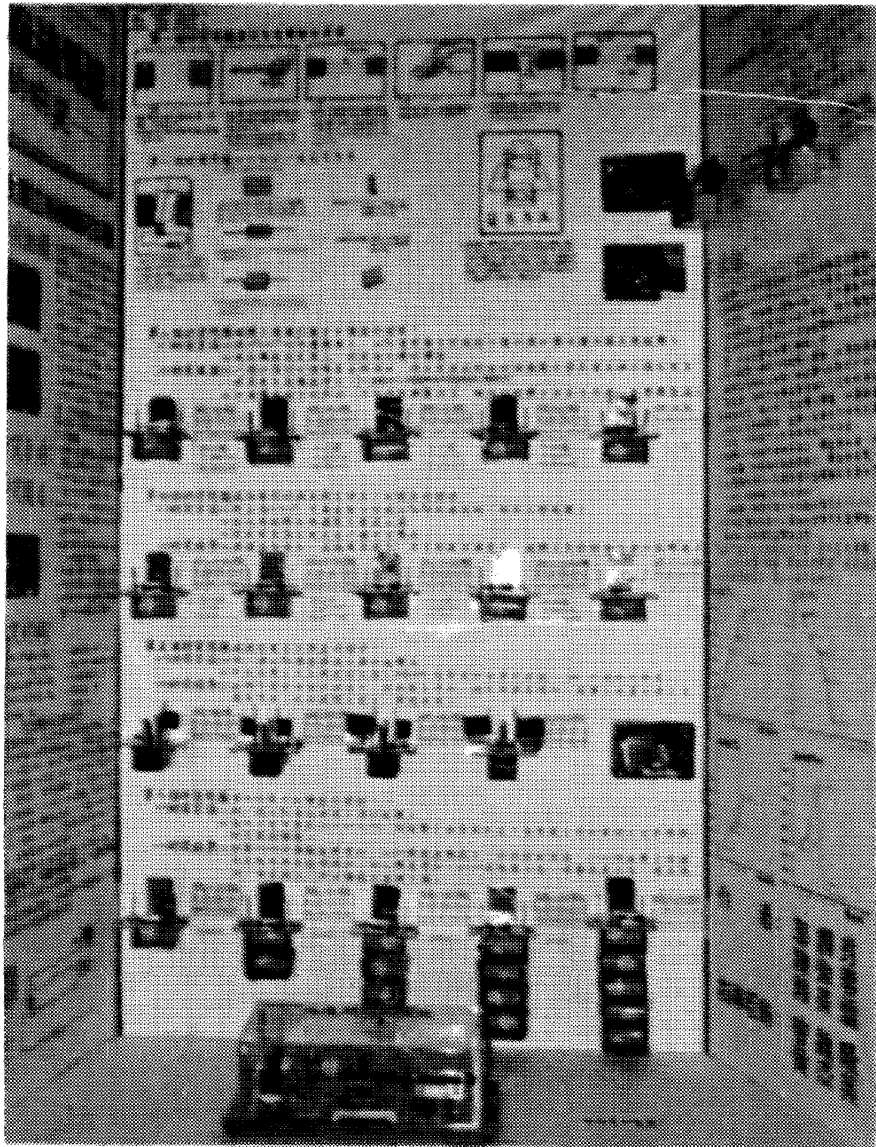
國中組物理第二名

臺北縣立板橋國中

作者：郭嫻珍、陳淑蓉

賴美雲

指導老師：曾維隆、黃杰英



一、研究動機：

近年來環境污染的問題日益嚴重，尤其在城市裏汽車飛馳所排出的廢氣和發出的噪音，逐漸威脅到人類的健康。爲了改善這個問題，最近政府大力推展以馬達爲動力的電動汽車。我們對於馬達這方面的知識感到好奇，同時也產生了許多問題，譬如(一)馬達爲什麼會轉動？(二)影響馬達轉動的原因有那幾種？(三)能不能設計一種簡易的馬達？於是我們把這些問題請教老師，老師指導我們做以下的實驗。

二、研究目的：

- (一)探討馬達轉動的原理和影響馬達轉動的因素。
- (二)如何設計一種簡易馬達？

三、研究題目：

- (一)直流馬達轉動的原理。
- (二)如何設計一種簡易馬達。
- (三)迴轉子線圈的數目和轉速的關係。
- (四)繞線圈用的漆皮線直徑的大小和轉速的關係。
- (五)磁鐵的數目和轉速的關係。
- (六)電池的數目和轉速的關係。
- (七)面積相同的迴轉子，轉軸位置不同和轉數的關係。

四、研究材料：

- (一)永久磁鐵 40 個。
- (二)鐵皮厚 0.5 mm · 1 m² 一片。
- (三)壓克力板 15 cm × 10 cm 30 片。
- (四)銅片厚 0.5 mm 長 4 cm 寬 6 cm 60 片。
- (五)漆皮線 # 19 ~ # 18 10 種。
- (六)保麗龍板：厚 2 cm · 1 m² 一片。
- (七)電子計算器一個。
- (八)繼電器一個。
- (九)馬錶一個。
- (十)電線 3 m。

馬達轉速測定器的設計

因馬達轉動很快，無法直接用眼睛測出轉數，所以我們想利用電子計算器幫助測定，計算馬達的轉數等於 $1 + 1 + 1 \dots$ 的連加法。電子計算器計算 $1 + 1 + 1 \dots$ 連加法的操作是 $\square\square\square\square\square$ $\square\square\square\dots$ 只要按下 \square 即可以表示加 1 的意思。

如果有一種裝置，使馬達轉動一次，同時也使計算器的 \square 等號鍵按下一次即可計算轉數。最後我們想到，馬達的迴轉子轉動 360 度時上半圈 180 度通電，下半圈 180 度不通電。利用上半圈通電時的電流引入繼電器，使繼電器開關，關閉一次，另將電子計算器，等號鍵的接線引出接在繼電器上的開關兩端，結果 \square 馬達轉動一次 \rightarrow \square 繼電器的開關關閉一次 \rightarrow \square 計算器的等號鍵按下一次，如此反覆即可計算馬達的轉數。

五、實驗：

第一個研究問題：直流馬達轉動的原理。

(一) 磁力線從磁鐵 N 極出來，進入 S 極構成一個磁場。

磁鐵、磁力的強弱由單位面積的磁力線的多寡來決定。

(二) 導線接上直流電源時周圍會產生磁場，其磁力線是以導線為中心的圓形封閉曲線。

磁力線的方向由右手定則辨別。大拇指的方向是電流方向，其他四指的方向是磁力線的方向。

(三) 通電流的導線放在永久磁鐵的磁場中，由於導線產生的磁力線和永久磁鐵的磁力線互相作用，結果使導線上下磁力線密度不同，因此導線則受到一推斥力。此力的方向由佛萊明左手定則辨別。

(四) 將馬達的迴轉子放在磁場中，迴轉子兩邊各受到向上或向下的推力而開始旋轉。

第二個研究問題：如何設計一種簡易馬達

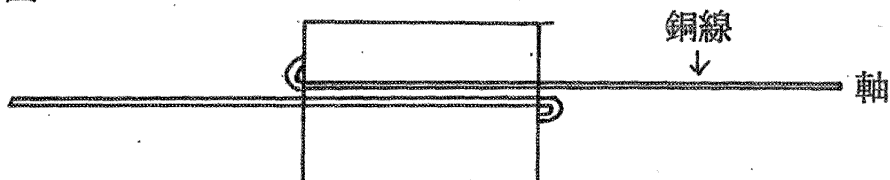
一般的直流馬達裝置、構造比較複雜，並常常因電刷與電環（整流子）的接觸不良而不轉動。我們爲了改良這缺點，設計一

種構造簡單而轉動得很快的馬達如下：

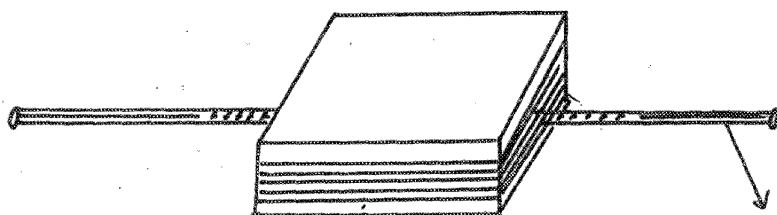
(一)迴轉子(電樞)的製造方法：

一般的馬達把銅線繞在鐵心上，作為迴轉子，雖然鐵心能使磁力線容易通過，但很重，轉動時費力，所以我們將鐵心改為很輕的保麗龍作材料代替鐵心。其大小 $30\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 。

(二)準備兩根直徑 0.8 mm 長 100 mm 的漆皮線插入保麗龍的中央如下圖：



(三)將漆皮線繞在保麗龍上，共繞 40 圈然後用刀片把軸下半周部分削去，再用鉚錫將銅線和軸鉚接如下：



軸下半周部分
用刀片將漆皮削
去當做整流子

(四)轉軸的支架：用厚 0.3 mm 長 40 mm 寬 5 mm 的銅片二片上端和下端各鑽一孔。

(五)磁鐵的支持板，用厚 0.5 mm 寬 30 mm 長 40 mm 的鐵皮剪成。

(六)將迴轉子、轉軸支架、磁鐵的支持板和磁鐵、電池等一起組合，裝在塑膠板上，即完成簡易馬達。這簡易馬達的構造和一般直流馬達不同的地方是(1)迴轉子的鐵心改用保麗龍板，減輕重量。(2)迴轉子不裝電刷和銅環，只在轉軸的下半周部分削去漆皮當做整流子，構造簡單，接觸良好，轉動很快。

第三個研究問題：迴轉子線圈的數目和轉速的關係。

(一)研究方法：

- 1 將 30mm×20mm 的保麗龍板上，以 # 26 漆皮線分別繞成 10 圈、20 圈、30 圈、40 圈、50 圈五種迴轉子。
- 2 放在轉速測定器上，測定每分鐘的轉速。

(二)研究結果：

每一種線圈各測定三次，求平均轉速如下表。

每分轉速 \ 線圈數	10 圈	20 圈	30 圈	40 圈	50 圈
第 一 次	320	780	917	1224	626
第 二 次	324	728	890	1191	618
第 三 次	322	729	912	1140	597
平 均	322	746	899	1185	614

(三)討論：

- 1 10 圈～40 圈的四種轉速逐漸增加，增加原因我們猜測線圈數目愈多，產生磁力線也愈多，結果使馬達轉速增加。
- 2 50 圈轉速減少的原因，可能所繞圈數太多，做成的迴轉子左右不平衡，影響速度減少。

第四個研究問題：繞線圈用的漆皮線直徑大小和轉速的關係。

(一)研究方法：

- 1 將五塊 (3.5 cm×2.5 cm) 保麗龍板，分別繞上 # 24 、 # 28 的漆皮線，做成五種迴轉子。
- 2 這五種迴轉子線圈數目都是 30 圈。
- 3 放在測定器上測定每分鐘平均轉速。

(二)研究結果：

每分轉速 \ 線直徑	# 24 0.559mm	# 25 0.508mm	# 26 0.457mm	# 27 0.417mm	# 28 0.376mm
第 一 次	863	819	772	676	526

第 二 次	872	822	775	663	560
第 三 次	879	826	780	684	542
平 均	891	822	776	674	543

(二)討論：

線圈直徑愈大，通過電流愈多，產生的磁力線愈多，迴轉子所受到的推力愈大，故轉速愈快。

第五個研究問題：磁鐵的數目和轉速的關係。

(一)研究方法：

- 1 做一個以 # 26 漆皮線繞 30 圈的迴轉子。
- 2 將這迴轉子放在轉速測定器上（電壓 6 伏特）。逐漸增加兩邊的磁鐵（一個、二個、三個、四個、），然後測定轉速。

(二)研究結果：

每 分 轉 速	磁 鐵 數 目	一 個	二 個	三 個	四 個
第 一 次		935	970	974	1066
第 二 次		917	976	996	1079
第 三 次		934	976	1009	1068
平 均		929	974	993	1068

(二)討論：

迴轉子放在磁鐵的磁場中，磁鐵數目增加，磁力線跟著增加，迴轉子兩邊所受的推力也隨著增加，故磁鐵數目愈多，轉速愈快。

第六個研究問題：電池數目和轉速的關係。

(一)研究方法：

- 1 做一個以 # 25 漆皮線繞 30 圈的迴轉子。
- 2 電池分別串聯成 1.5V, 3V, 4.5V, 6V, 7.5V, 將迴轉

子依序接在這六組電壓不同的電源上，利用轉數測定器測轉數。

(二)研究結果：

電壓 每分轉速	1.5V	3V	4.5V	6V	7.5V
第一次	945	992	1160	793	814
第二次	971	993	1179	814	822
第三次	956	959	1170	854	815
平均	957	981	1169	823	817

(三)討論：

電壓 1.5V ~ 4.5V 時轉速逐漸增加。6V ~ 7.5V 轉速逐漸減少。我們猜測原因，1.5V ~ 4.5V 時迴轉子線圈內流動的電流逐漸增加，所以轉速增加；6V ~ 7.5V 時電壓升高，線圈溫度升高，電阻增加，電流減少，所以轉速又逐漸下降。

第七個研究問題：面積相同的迴轉子，轉軸位置不同和轉數的關係。

(一)研究方法：

- 1 保麗龍 30 mm × 20 mm 二塊，轉軸分別定在長和寬。
- 2 放在轉速測定器，測其每分鐘的轉速。

(二)研究結果：

轉軸位置 每分轉速	長	寬
第一次	828	877
第二次	936	877
第三次	940	890
平均	901	881

(三)討論：

1. 迴轉子放在磁場中，右邊受到向下的推力 $F_1 = iB\ell$ ，左邊受到向上的推力 $F_2 = iB\ell$ ， F_1 、 F_2 大小相同方向相反，並不在一直線上，所以此二力構成一對力偶。
2. 馬達轉速的快慢和力偶產生的力偶距有關。

六、結論：

(一)我們設計的簡易馬達的優點是：

1. 迴轉子利用保麗龍板作成，因此很輕，容易轉動。
2. 將轉軸下半週的漆皮削去，作為整流子，構造非常簡易，使迴轉子轉動 360 度中，前半轉動 180 度時靠整流子通電產生磁力推動，後半轉動 180 度時電流切斷。靠慣性作用繼續轉動回到原來位置，如此反覆，使迴轉子轉動不停。
3. 永久磁鐵只有一個，即可使迴轉子轉動。如果將磁鐵的磁極改變，例如 N 極換 S 極，迴轉子起動的方向立刻改變，由此可以驗證佛萊明左手定則的情形。
4. 電池只用一個 1.5V 即可使用迴轉子轉動。如果將電池的正極和負極倒轉時，迴轉子起動的方向也立刻改變，由此也可以證明佛萊明左手定則。
5. 迴轉子和磁鐵的磁極要靠近，轉速會加快。如果迴轉子和磁鐵的磁極間隔大，轉速會變慢。
6. 由實驗結果可以證實影響馬達轉動的因素如下：
 - (1) 永久磁鐵的磁力的強或弱。
 - (2) 迴轉子線圈的數目和流過的電流的大小。
7. 利用這簡易馬達，可以幫助我們學習馬達轉動原理，以及影響馬達轉動因素。

(二)我們設計的馬達轉速測定器，對於這次實驗能提供具體的數據，幫助我們學習，效果很大。