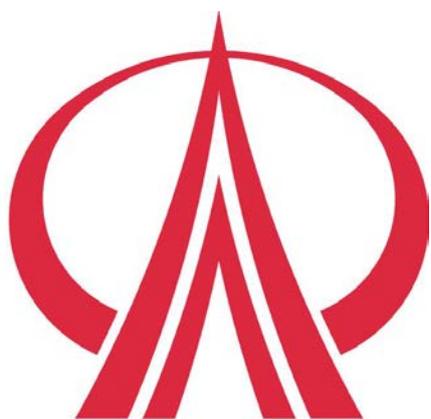


修平科技大學 電機工程系

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
HSIUPING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

實務專題報告書

簡易型磁浮列車之應用



指導老師：江奕旋

專題製作學生：

四技電四甲 蔡其哲 BD99047

四技電四甲 徐浩源 BD99101

中華民國一百零二年十二月十一日

摘要

21 世紀新型態的軌道式交通系統，不再只是具有高速性、低公害性以及舒適性等特點，例如：磁浮軌道交通裝置，即可實現人類“夢幻般的交通工具”，因此人們對其抱著很大的期待，世界各國為了其實用化也進行了許多的研究與開發。

在日本，代替新幹線，東京—大阪間用時速 500 km 連結的中央線型快車構想的超電導磁浮鐵路，在新谷山梨縣建設實驗線，已進入實用化最終的試驗，目標指向連結城市中心，飛機場或郊外環境的高新交通系統，HSST 也在名古屋市內建設實驗線，在運輸省的協助下，都市內交通機關作為實用的技術或安全的評估，不論何者迎接現在或開發的最終階段，已接近實用化之日。

目標如轉到日本國外，德國 Transrapid 時速 400 km 的高速交通系統的適用成熟度進入評估階段，美國計畫奧克蘭的實地示範線的建設。公共車的一種 M-Bahn 作柏林城市內交通網的一部分已實用化。相同公共車聯結英國明罕的飛機場與國鐵驛站的系統，已有 7 年以上的運轉實績。

如此磁浮鐵路為綜合線型電動機·磁工程·電力電子·超電導工程·感測器技術·高速資訊通信技術等很多新的尖端技術的一種系統，實現非接觸的支持，推進方式有很多的種類，各具有不同的特徵。又，與傳統的

運輸機關競爭比較時，有必要定量性瞭解電力消耗量，舒適性對環境的影響。

磁浮今日日本與德國皆致力研究，並已實用化，唯尚未全面普遍化，如高溫超電導再進步，相信會更實用，是二十一世紀有希望的交通系統。

目錄

摘要	2
目錄	4
圖目錄	7
第一章 緒論	9
<u>1-1</u> 研究動機	9
<u>1-2</u> 研究目的	10
<u>1-3</u> 章節簡介	11
第二章 相關文獻	12
<u>2-1</u> 磁浮列車的發展歷史[1]	12
<u>2-2</u> 磁浮列車的物理原理	13
<u>2-2-1</u> 磁浮列車浮起的原理	14
<u>2-2-2</u> 磁浮列車前進的原理	14
<u>2-2-3</u> 常導型與超導型	14
<u>2-2-4</u> 吸引式與推斥式	15
<u>2-3</u> 超電導磁浮鐵路之原理與特徵[3]	16

2-3-1 推進，支持，引導的原理	16
2-3-2 特徵	20
第三章 動力及電路設計	22
3-1 磁浮動力車頭	22
3-2 磁浮車廂	23
3-3 磁鐵軌道	23
3-4 簡易型磁浮列車	23
3-5 簡易型磁浮列車浮起之原理	24
第四章 實體及測試	24
4-1 材料設備	25
4-2 完成實體	28
4-2-1 磁浮動力車頭	28
4-2-2 磁浮車廂	28
4-2-3 磁鐵軌道	29
4-2-4 完整簡易型磁浮列車	30
4-3 動作說明	31

<u>4-4</u> 性能測試.....	31
第五章 結論.....	32
參考文獻.....	33

圖目錄

圖 2-1 宮崎實驗線的線圈配置[3].....	16
圖 2-2 推進線圈流動的電流[3].....	17
圖 2-3 浮上線圈[3].....	19
圖 2-4 線圈感應的電流[3].....	19
圖 2-5 浮上特性之例[3].....	19
圖 2-6 側壁浮上方式的線圈配置[3].....	20
圖 2-7 宮崎實驗線的試驗用地上線圈[3].....	20
圖 2-8 引導的原理[3].....	20
圖 3-1 磁浮動力車頭設計圖	22
圖 3-2 磁浮車廂設計圖	23
圖 3-3 磁鐵軌道設計圖	23
圖 3-4 簡易型磁浮列車設計圖	24
圖 3-5 磁浮列車浮起示意圖	24
圖 4-1 單刀開關.....	25
圖 4-2 強力圓形磁鐵	25
圖 4-3 電池盒.....	26

圖 4-4 塑膠瓦楞紙.....	26
圖 4-5 小馬達.....	26
圖 4-6 強力長條磁鐵	27
圖 4-7 磁浮動力車頭實體圖	28
圖 4-8 磁浮車廂實體圖	29
圖 4-9 磁鐵軌道實體圖	29
圖 4-10 完整簡易型磁浮列車實體圖	30

第一章 緒論

1-1 研究動機

以前小時候就對於，磁鐵這東西頗有興趣，會想為什麼這兩塊石頭，會有這麼神奇的力量，可以互相排斥，互相吸住，所以會想要知道，它的原理和其他應用範圍。現在大學生需要做畢業專題，所以在這個機會之下我延續了之前的想法，磁鐵的應用，其中我看到最讓我感到驚訝的發明就是磁浮列車，所以想瞭解磁鐵為什麼可以隨意移動，變成方便大大眾運輸工具。

磁浮列車是目前陸地上最快速的交通工具，它為現代工業社會帶來了無比便捷的貢獻，各國無不爭相研究與製造，成為當下最為吸引人的客運系統。如想要利用磁浮列車作為運輸工具[1-6]，利用超導體的磁浮列車絕對是不二選擇。

但由於超導體成本過高，所以我們想要研製簡易型的磁浮列車，來探討磁浮的基本概念與原理。

1-2 研究目的

我們專題的目的是希望大家可以依簡單明瞭的方式認識磁浮列車，在地面上主要的交通工具大部分都需要輪子來移動，而我們所研究的磁浮列車是這一個世紀上最特別的發明，它不需要輪子，只需要磁鐵就可以簡單的把載具浮起來，利用電磁鐵來改變電流方向改變磁極，就可以簡單控制漂浮載具的前進與後退。

本研究的主要目的如下：

- (1) 參考磁鐵懸浮能力來設計並製作理想的磁浮車
- (2) 研究如何使車體浮與軌道上
- (3) 研究如何利用馬達使磁鐵轉動
- (4) 研究磁鐵的載重量使車體能順利運行

1-3 章節簡介

第一章 緒論

本章節在說明研製【簡易型磁浮列車】之動機與目的，並概述各章節之簡介。

第二章 相關知識

本章節在說明磁浮列車的各種形式相關文獻之簡介，包括磁浮列車的發展歷史、物理原理等。

第三章 動力及電路設計

本章節在說明【簡易型磁浮列車】之系統架構原理，包括磁浮動力車頭、磁浮車廂、磁鐵軌道、磁浮列車浮起之原理等。

第四章 實體及測試

本章節在說明【簡易型磁浮列車】實體圖、動作說明、性能測試等

第五章 結論

本章節在說明【簡易型磁浮列車】之應用與未來發展。

第二章 相關文獻

磁浮列車的各種形式相關文獻之簡介，如下列各節

2-1 磁浮列車的發展歷史[1]

德國曾在 80 年代於柏林鋪設磁浮列車系統(M-Bahn)。該系統設有三個車站，長度 1.6 公里，用的是無人駕駛列車，於 1989 年 8 月開始試驗載客，1991 年 7 月正式服務。由於政治原因，柏林圍牆倒塌，該線於運行兩月後改為普通輪軌列車行走。

英國的伯明罕國際機場曾於 1984 年至 1995 年使用低速磁浮列車，全長 600 米。由於可靠性的問題，該線後來也改用單軌列車行走。

2000 年，中國西南交通大學磁浮列車與磁浮技術研究所研製成功世界首輛高溫超導載人磁浮實驗車。

德國的 Transrapid 公司於 2001 年於中國上海浦東國際機場至地鐵龍陽路站興建磁浮列車系統，並於 2002 年正式啟用。該線全長 30 公里，列車最高時速達 430 公里，由起點至終點站只需八分鐘。參見上海磁浮示範運營線。

2003 年，四川成都青山磁浮列車線完工，該磁浮試驗軌道長 420 米，主要針對觀光遊客，票價低於出租轎車費。

2005 年 5 月，中國自行研製的「中華 06 號」吊軌永磁浮列車於大連亮相，據稱其速度可達每小時 400 公里。

2005 年 9 月，中國成都飛機公司開始研製 CM1 型「海豚」高速磁浮

列車，最高時速 500 公里，預計會於 2006 年 7 月在上海試行。2010 年 4 月 8 日，由成都飛機公司製造的中國首輛高速磁浮國產化樣車在成都實現交付，標誌著成飛已具備磁浮車輛國產化設計、整車集成和製造能力。磁浮列車的部分組件已經於 2010 年 3 月 20 日運抵上海，4 月 9 日兩節車廂也將啟程運往上海組裝調試，投入到上海磁浮示範運營線的商業營運，預計今年 7 月可調試上線，和長春客車廠生產的另外兩節車輛一起與目前運行的德國磁浮列車並組，往返於浦東機場至龍陽路。此次高速磁浮列車成功實現國產化製造，離不開西南交大等四川高校的支持，這也成為四川製造高速磁浮列車得天獨厚的條件。

2006 年 4 月 30 日，中國第一輛具有自主知識產權的中低速磁浮列車，在四川成都青城山一個試驗基地成功經過室外實地運行聯合試驗。利用常導電磁浮推動。

2-2 磁浮列車的物理原理[2]

2-2-1 磁浮列車浮起的原理

磁浮列車能浮起來就是利用永久磁鐵或電磁鐵「異性相吸，同性相斥」的原理。而車體的重量並不輕，車上及軌道上的磁力必須要很強，因此搭配使用永久磁鐵和電磁鐵，除了可增強磁性之外還可以節省一部分的電力。

2-2-2 磁浮列車前進的原理

磁浮列車採用「線性馬達」作為推進系統。線性馬達將原來普通馬達轉動的力量轉換為直線移動的力量。同樣利用磁力的排斥力與吸引力，使得浮在軌道上的列車能向前推進，由於車體與軌道間沒有摩擦力，能量不會因此而消耗。(線性馬達：將馬達與直線動作機構結合為一體。)

2-2-3 常導型與超導型

常導型也稱為磁吸型，以德國的 transrapid 為代表，它是利用普通直流電磁鐵，電磁吸引力的原理將列車懸起，懸浮的氣隙較小，一般為 10 毫米左右，速度可達每小時 400~500 公里。

超導型也稱為超導磁斥型，以日本 MAGLEV 為代表。它是利用超導磁體產生的強磁場，列車運行時與佈置在地面上的線圈相互作用，產生電動斥力將列車懸起，懸浮氣隙較大，一般為 100 毫米左右，速度可達每小時 500 公里以上。

雖然利用一般電磁鐵的相吸相斥就可製造磁浮列車，但配有高溫超導體的磁浮列車重量更輕，磁力更強，浮力也更大。一般僅使用電磁鐵的磁

浮列車其離地面高度僅 1 公分，而使用超導體的磁浮列車其離地面高度可達 10 公分。在實際應用上，此種差異則會造成相當大的影響：若列車運行時遭遇地震，地面發生一點沉降或積雪，離地 10 公分高的磁浮列車自然會較離地僅 1 公分高的磁浮列車安全許多，而且也可使軌道的建造成本下降 40%。

2-2-4 吸引式與推斥式

磁浮列車是依據磁鐵間，同性相斥、異性相吸的上浮原理所設計的。可分為「吸引型」和「推斥型」兩種。

「吸引型」磁浮列車為德國所採用，它是在列車兩翼上安裝了一系列的電磁鐵，而其兩翼又伸入導軌下方。當通上電流時，電磁鐵會吸引鐵軌而往上提升。

「推斥型」磁浮列車為日本所採用，主要是靠超導電磁鐵，感應埋藏於 U 型導軌內之線圈以產生渦電流，再利用這個渦電流產生另一個磁場，且其極性會與列車上電磁鐵磁場的極性方向相同。由於兩個磁場互相推斥的結果，車體便能夠懸浮起來。

2-3 超電導磁浮鐵路之原理與特徵[3]

2-3-1 推進，支持，引導的原理

超電導磁浮鐵路車輛側搭載超電導磁鐵，導路側並排發揮推進，浮上，引導的機能線圈，車上超電導磁鐵使產生推進，浮上引導之力。線圈的構成方法考慮幾種，圖 2-1 表示走動實驗的宮崎實驗線線圈的配置，超電導磁鐵在台車的側面，浮上線圈裝置在導路床面，推進兼引導的線圈裝置在導路的側面。

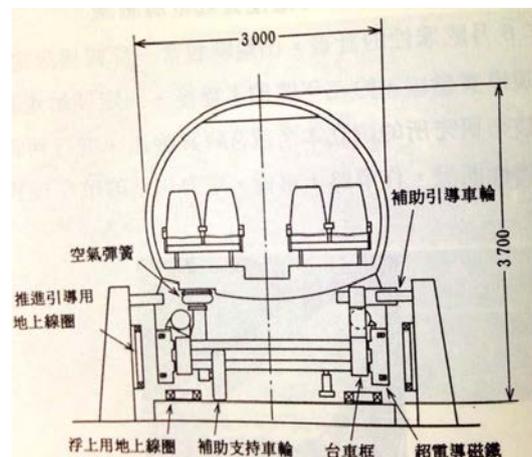


圖 2-1 宮崎實驗線的線圈配置[3]

(1)推進：車輛的推進用同步電動機直線性伸長的線型同步電動機(簡稱 LSM)作。車輛搭載超電導磁鐵變成激磁，敷設於導路側的推進線圈形成電樞，此種系統並無使用鐵心。導路側的推進線圈連接變電所的變頻器等的頻率變換裝置，如圖 2-2 所示按照車輛的進行，變化推進線圈流動的電流，經常控制使產生推進力。即推進線圈流動電流的頻率與車輛的速度成正比，振幅與推進力成正比，其相位通常控制使與推進線圈的感應電壓相位一致。為了這些控制檢出超電導磁鐵與軌道側推進線圈的相對位置關係，

頻率變換裝置有必要給適當資訊的裝置。又圖 2-3 與流 180° 相位不同的電流，產生力的方向變成相反，能產生制動力。此種形態稱為再生制車，能得與驅動力相同大小的制動力，車輛具有的動能向電源回收。此外，回收的能量在電阻消耗，也有得制車力稱為發電制車的方法，作車輛的後備制車使用。

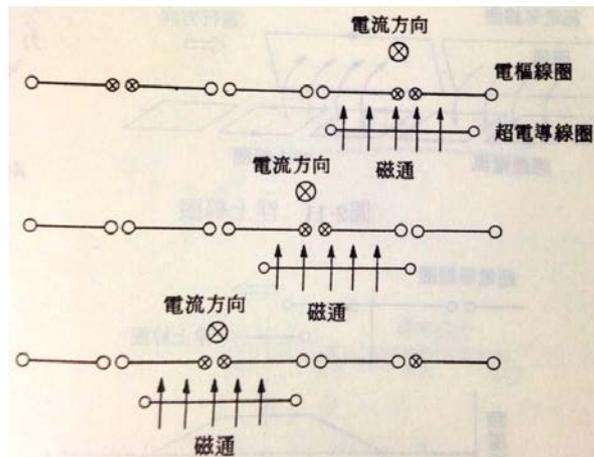


圖 2-2 推進線圈流動的電流[3]

(2)浮上：浮上機構稱為感應推斥方式(簡稱 EDS)，如圖 2-4 所示導路側，接近超電導磁鐵位置並排短路線圈(簡稱浮上線圈)。車輛如有線型同步電動機移動，交鏈浮上線圈的磁通變化，浮上線圈感應電流。此種機構與發電機的原理相同。感應電流與超電導磁鐵間產生推斥力，作浮上力作用。又同時感應電流在浮動線圈內的磁阻，作焦耳熱消耗能量，此時車輛變成走動阻力(稱為磁抗力)。線圈的交鏈磁通，電流模式方式表示如圖 2-4 所示。超電導磁鐵與導路浮上線圈間的氣隙一定求得力的特性例，如圖 2-5 所示。浮上力隨速度變大，某程度以上的速度約變成一定。形成走動阻力的磁抗力某速度變成最大，比此以上的速度與速度成反比變小。此為根據

磁抗力，消耗功率不按照速度表示約一定。

浮上力與磁阻力之比稱為揚抗比，磁浮系統揚抗比希望大。磁抗力小電阻小就可以，另外的方法浮上線圈的電流最少，如能產生必要的浮上力，磁阻能小。如此種的方法為零磁通法，其例如圖 2-5 所示浮上線圈 8 字狀配置(簡稱側壁浮上)。超電導磁鐵的上下方向位置如與浮上線圈的中心一致，8 字狀的上側與下側部分交鏈磁通互相抵消，不會產生電流，不會產生浮上力。超電導磁鐵如向下方偏差，上下交鏈磁通的差與偏差量成正比。電流值與偏差成正比，浮上力與偏差成正比產生。他方浮上線圈內的損失與電流的平方，即偏差的平方成正比。故浮上力與磁力之比，變成與偏差成反比偏差小的地方如能使用，能期待特性良好者。宮崎實驗線作走動實驗的線圈如圖 2-6 所示，走動阻力與傳統的方式比較確認小。

(3)引導：引導的原理與浮上相同，力的方向 90° 的不同，又車輛只由中央向左右偏差時若產生復原力就良好，如浮上力無必要經常產生力。圖 2-7 為宮崎實驗線的引導線圈機能用模式方式表示，車輛由中心如左右偏差，左右線圈的交鏈磁通形成差，連結左右的回路流電流產生左右的復原力(利用零磁通引導)。

此為推進線圈兼機能，(2)所述側壁浮上的線圈左右連結依構成閉回路，能兼用浮上與引導的機能。此為圖 2-8 的線圈寬度使狹，與上下 2 段並排者相同。

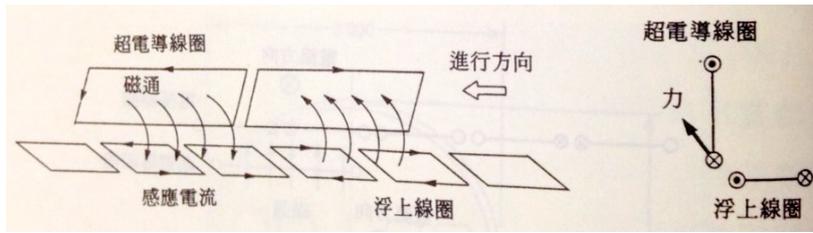


圖 2-3 浮上線圈[3]

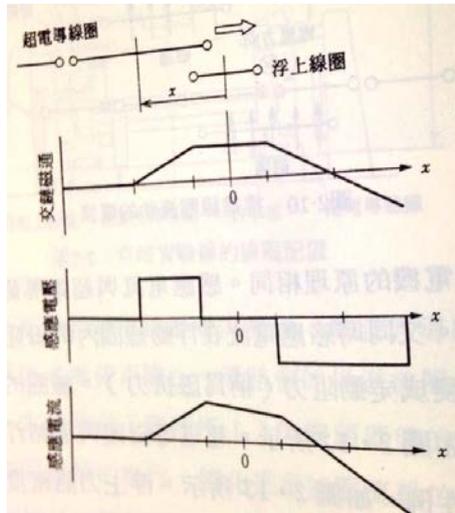


圖 2-4 線圈感應的電流[3]

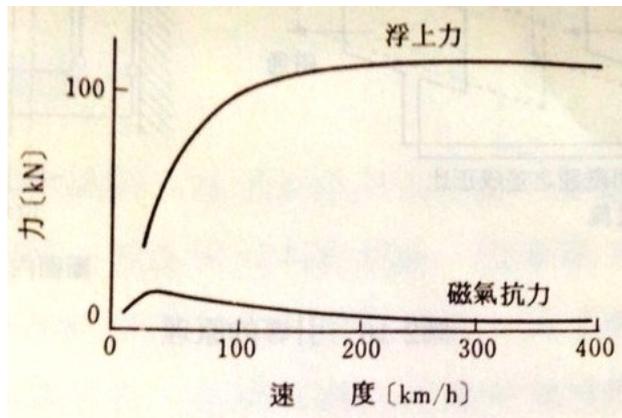


圖 2-5 浮上特性之例[3]

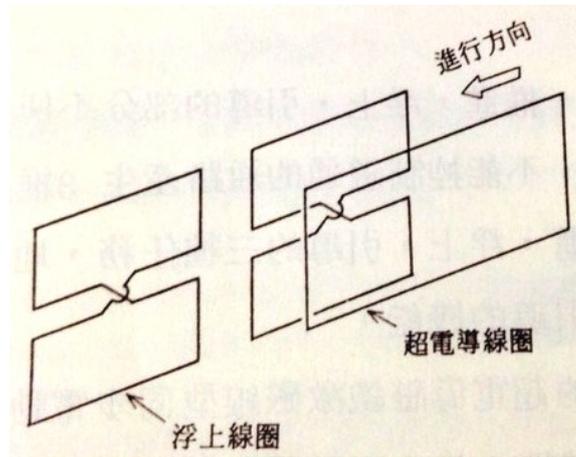


圖 2-6 側壁浮上方式的線圈配置[3]

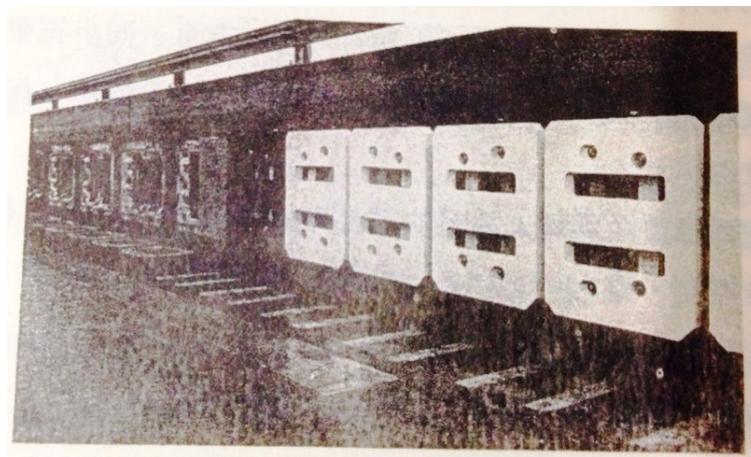


圖 2-7 宮崎實驗線的試驗用地上線圈[3]

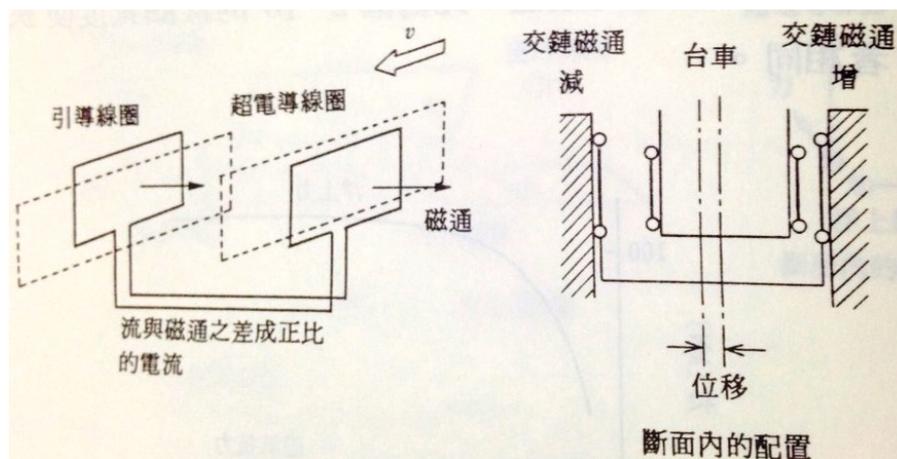


圖 2-8 引導的原理[3]

2-3-2 特徵

超電導磁浮系統，推進，浮上，引導的部分不使用鐵心。故，不必考慮

磁通的飽和現象，不能控制磁通的通路產生 3 維之力。又車輛搭載的超電導磁鐵發揮推進，浮上，引導的三種任務，地上的線圈能兼作推進與引導以及浮上與引導的機能。

(1)推進:極節距大的超電導磁鐵激磁線型同步電動機，氣隙 10cm 程度比較大能得良好的特性，推力不按照速度與電流成正比，高速能得良好的特性而有特點。又推進的能量只地上側供給的關係，集電的問題很少。故，能得需要高速大量輸送的推力。另一方面，同步電動機的特性，與速度成正比的頻率，有必要流具有對車輛的地上線圈，配合相對位置正確相位的電流。

(2)浮上:此種方式為地上線圈的電流，依車輛的通過感應者，支持車輛的系統無控制，穩定。又浮上，引導的氣隙比較大，能得 10cm 程度。

另一方面，此種方式停止時，低速不能得到充分之力，需要另外的補助性支持裝置。

(3)引導:引導的特徵約與浮上的特徵相同，引導的情形，車輛限在導路的中央走動，可能不會產生損失的構成。

第三章 動力及電路設計

本項設計採用馬達結合磁浮原理進行簡易型磁浮列車之研製，主要結構有磁浮動力車頭、磁浮車廂、磁鐵軌道等三大單元。分述如下列各節。

3-1 磁浮動力車頭

研製磁浮動力車頭所需結構包括以下幾項：

- (1) 馬達 (2) 強力磁鐵 (3) 單刀開關
- (4) 電池座 (5) 塑膠瓦楞紙板 (6) 鐵棒

主要硬體結構如圖 3-1 所示。



圖 3-1 磁浮動力車頭設計圖

3-2 磁浮車廂

研製磁浮車廂所需結構包括以下幾項：

(1) 強力磁鐵 (2) 塑膠瓦楞紙板 (3) 鐵棒

主要硬體結構如圖 3-2 所示。



圖 3-2 磁浮車廂設計圖

3-3 磁鐵軌道

研製磁浮車廂所需結構包括以下幾項：

(1) 厚紙板 (2) 強力長條磁鐵

主要硬體結構如圖 3-3 所示。

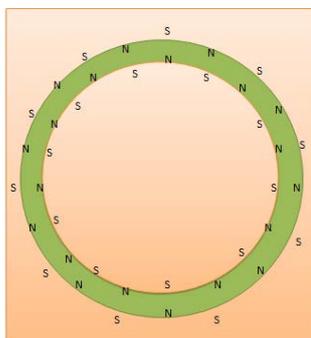


圖 3-3 磁鐵軌道設計圖

3-4 簡易型磁浮列車

簡易型磁浮列車硬體結構如圖 3-4 所示。

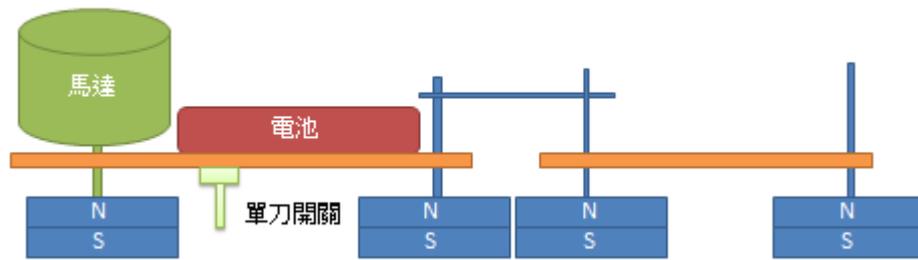


圖 3-4 簡易型磁浮列車設計圖

3-5 簡易型磁浮列車浮起之原理

硬磁鐵上方的 N 極會與軌道外側的 S 極產生互相吸引的力量；而硬瓷鐵下方的 S 極則也會與軌道左右兩邊內側的 N 極產生互相吸引的力量，使得硬磁鐵的重量被平衡住，以致於不會因為地心引力的關係，使得硬磁鐵向下掉。

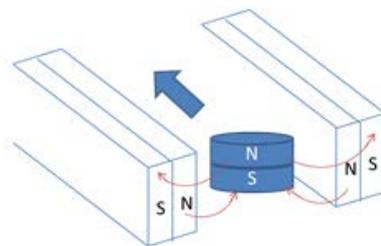


圖 3-5 磁浮列車浮起示意圖

第四章 實體及測試

本項設計簡易型磁浮列車之研製，主要材料設備、完成實體、動作說

明、性能測試等四大單元。分述如下列各節。

4-1 材料設備

研製簡易型磁浮列車, 所需材料設備如下列所示。

(1) 單刀開關用來切換電源 ON, OFF, 如圖 4-1 所示。



圖 4-1 單刀開關

(2) 強力圓形磁鐵黏在馬達上帶動車體, 如圖 4-2 所示。



圖 4-2 強力圓形磁鐵

(3) 電池盒, 如圖 4-3 所示。

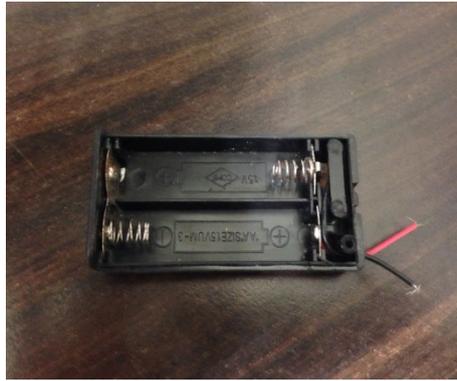


圖 4-3 電池盒

(4) 塑膠瓦楞紙用來當作車廂底座，如圖 4-4 所示。



圖 4-4 塑膠瓦楞紙

(5) 隨身聽使用之小馬達，規格 5V 內，如圖 4-5 所示。



圖 4-5 小馬達

(5) 強力長條磁鐵用來當軌道，如圖 4-6 所示。



圖 4-6 強力長條磁鐵

4-2 完成實體

依照第三章所設計之系統結構進行研製,所得實體如下列各節所示。

4-2-1 磁浮動力車頭

磁浮動力車頭實體圖,如圖 4-7 所示。

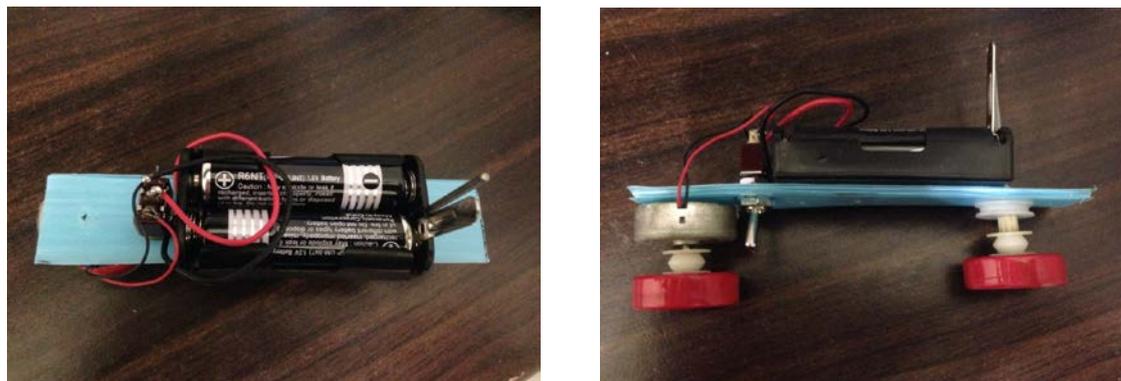


圖 4-7 磁浮動力車頭實體圖

磁浮動力車頭規格：

長：11.2(cm) 寬：2.3(cm)

重量：100(g)

磁鐵規格：

直徑：25(mm) 高度：8(mm)

4-2-2 磁浮車廂

磁浮車廂實體圖,如圖 4-8 所示。

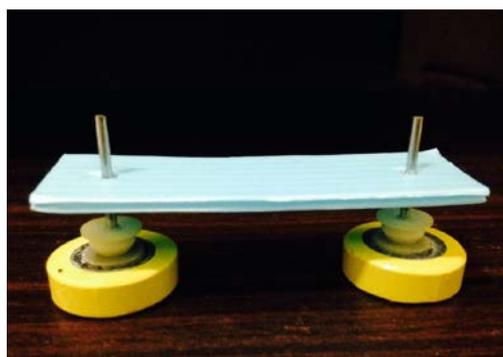


圖 4-8 磁浮車廂實體圖

磁浮車廂規格：

長：8.1(cm) 寬：2.3(cm)

重量：60(g)

磁鐵規格：

直徑：25(mm) 高度：8(mm)

4-2-3 磁鐵軌道

磁浮車廂實體圖，如圖 4-9 所示。



圖 4-9 磁鐵軌道實體圖

磁鐵軌道規格：

軌道底板：長：8.1(cm) 寬：2.3(cm)

軌道內徑：28.5(cm) 軌道外徑：31.9(cm)

軌道厚度：0.4 (cm) 軌道寬度：1.5(cm)

4-2-4 完整簡易型磁浮列車

完整簡易型磁浮列車實體圖，如圖 4-10 所示。



圖 4-10 完整簡易型磁浮列車實體圖

4-3 動作說明

將磁浮動力車放置磁鐵軌道，切下開關，藉由馬達轉動列車下方磁鐵，列車下方的磁鐵與軌道內的兩邊磁條交互作用，列車電池造成磁鐵旋轉的作用力大於硬磁鐵摩擦力，使得列車能不間斷地順利運行於磁浮軌道上。

4-4 性能測試

本研製採用三種模式測試下列性能結構功能如下：

測試之軌道距離：95(cm)

(1)動力車頭(100g)拖曳 0 個載具車廂：30 秒可以繞 18 圈

(2)動力車頭(100g)拖曳 1 個載具車廂(60g)：30 秒可以繞 6 圈

(3)動力車頭(100g)拖曳 2 個載具車廂(120g)：30 秒可以繞 2 圈

以上三種模式測試結果速率分別如下：

(1) 56 (cm/sec) (2) 19 (cm/sec) (3) 6 (cm/sec)

根據以上測試結果得知，轉動的磁鐵承受之重量，會影響車體的前進速度。

第五章 結論

本專題想將研製的簡易型磁浮列車運用在生活上(例如：簡單的運輸工具)，它將會有低噪音、環保的效果。或者可以運用在日常生活中，作為簡單的輸送帶。例如：運用在迴轉壽司業，作為食物的輸送裝置，這樣不但新奇，且又有趣。

本專題不外乎是體驗到技術上的研究更佳的專精，以及小組運作如何分工合作的重要性，再互相配合之外還需要採納不同的意見，讓兩個意見不同的人互相包容，在此次專題也讓彼此更加了解對方的想法與理念。如果有機會希望可以再繼續合作，讓專題小組的精神延續下去。

參考文獻

- [1] 上海磁浮優化案仍有爭議_有公眾稱健康已受影響, 法制日報, Jan. 17 2008, http://news.xinhuanet.com/life/2008-01/17/content_7437917.htm
- [2] 教育部數位教學資源入口網,
http://content.edu.tw/junior/life_tech/tc_jr/student/course/307/307s.htm
- [3] 許溢适(1996), 磁浮鐵路的技術, 文笙書局.
- [4] 黃光治(1995), 磁浮車輛在交通運輸上之應用評估, 交通部科技顧問室
研究報告.
- [5] 李欣儒(1990), "磁浮運輸科技之探討", 科學教育月刊, 230, 頁 14-24.
- [6] 黃忠良(1994), 磁懸浮與磁力軸承, 復漢出版社。