

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

082803

天磁地力能合-創新磁浮動力輪的奇幻之旅

學校名稱：麗詰學校財團法人臺中市麗詰國民中小學

作者：	指導老師：
小五 廖品硯	陳語喬
小五 鄭毓棠	林丞賢
小五 楊宏岳	

關鍵詞：Bedini 馬達、慣性力、磁浮動力輪

## 摘要

現今運輸與物流系統消耗大量能源，造成高碳排放。本研究開發創新磁浮動力輪，旨在降低能源消耗並提升運行效率。研究結合三大核心技術：

- (1) Bedini 馬達電能回收，延長續航力；
- (2) 慣性滾珠旋轉能，減少電力消耗，提升效率；
- (3) 側邊磁浮導引系統，減少摩擦，提升行駛平穩性。

實驗顯示，Bedini 馬達能有效回收電能，慣性滾珠使行駛距離提升31%、側邊磁浮導引讓滑動阻力下降16%，且能減少晃動，提高穩定性。本設計具模組化與延展性，未來可應用於智慧物流、無人工廠與綠色交通系統，是具前瞻性的節能推進技術。

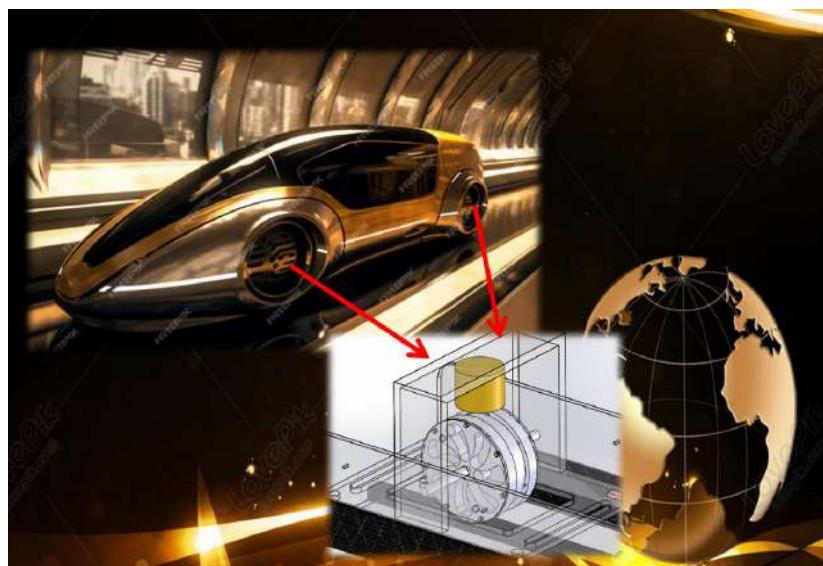


圖1. 創新磁浮動力輪（作者製作）

## 創新磁浮技術

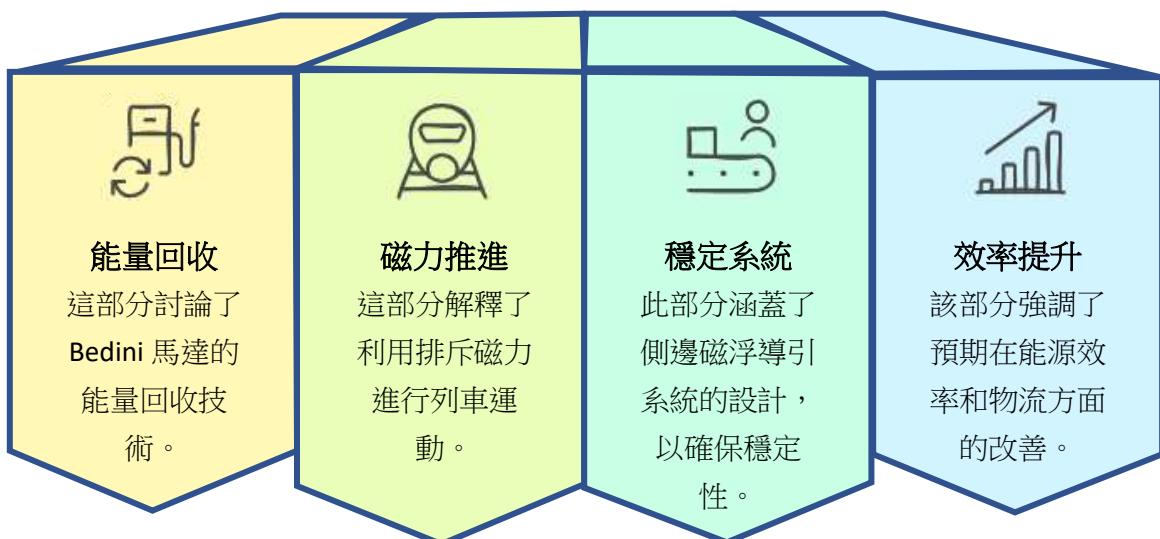


圖2. 創新磁浮技術優勢解析圖 (作者製作)

## 壹、前言

### 一、研究動機

在自然課中，我們學到電力是生活中不可或缺的能源，但如果過度使用，不僅會加速能源枯竭，還會對環境造成嚴重的負擔。現在的汽車、火車，以及智慧工廠的無人搬運車（AGV）都需要大量電力，還可能產生碳排放。隨著科技發展，未來對電力的需求會越來越高，那麼，有沒有一種方法可以減少能源消耗，讓交通與物流運輸更環保呢？

我們在學習磁力時發現，磁鐵的同極相斥、異極相吸特性，可以讓物體懸浮或推動物體運行。此外，透過物理課的動能與慣性原理，我們了解到物體運動時，能量可以被儲存或轉換。於是，我們想到，如果利用磁浮技術與動能回收系統，是否能讓交通工具更省電？這個想法促使我們研發創新磁浮動力輪，以磁浮車作為傳動實驗的載具，希望能降低對電力的依賴，並應用在未來的智慧交通與物流運輸中。

## 二、研究目的

我們的設計包含幾項創新技術：

- (一) Bedini 馬達電能回收技術：當車輪轉動時，能部分回收電能，讓電池續航力更長，減少充電次數。
- (二) 慣性滾珠旋轉能：透過滾珠在輪內旋轉，利用動能幫助車輪前進，減少電力消耗。
- (三) 側邊磁浮導引系統：利用磁鐵的排斥力讓輪子更穩定地行駛，並減少摩擦力，提升運行效率。

這次研究讓我們學會運用課堂上的物理知識，並嘗試解決現實世界的問題。我們相信，創新磁浮動力輪不僅能改變未來交通工具的運作方式，還能應用於智慧工廠與物流系統，成為更環保、更節能的關鍵技術！我們期待這項研究能為未來的綠色交通與智慧生活帶來更多可能！

### 創新磁浮動力輪核心研究



圖3. 創新磁浮動力輪核心研究(作者製作)

## 貳、研究設備及器材

材料	現成壓克力	線圈	照度計	磁鐵	高斯計	推拉力計
功能	自製實驗模型	電磁磁力輸出(線徑0.35 mm/450 圈)	量測 LED 照度	用於磁浮軌道與側邊磁浮導引系統	量測磁鐵強度	量測磁浮車於軌道上的阻力
圖片						
材料	電壓/電流計	碼錶	電子秤	測試平台	焊接工具	市售電力轉換電路板
功能	測量系統能耗與電力回收效率	測試列車運行速度與穩定性	重量測量	穩定的測試台，用於實驗列車行駛	焊接線路與電子元件	馬達驅動及LED點亮及電力回收轉換
圖片						
材料	壓克力切割機	軸承	軸棒	電池組	滾珠	電磁座
功能	用於製作特殊零件，如導軌、列車殼體。	Bedini 馬達動力輪轉動軸棒支撐	Bedini 馬達動力輪轉動軸棒	提供 Bedini 馬達及列車啟動電源	動力輪轉動慣性力提供	提供 Bedini 馬達及列車啟動電源電磁放置
圖片						

## 參、研究過程或方法

為了驗證我們的想法是否可行，我們進行一系列的文獻回顧及實驗研究，設計並製作了一台磁浮車模型，用以測試磁浮動力輪的節能效果和行駛穩定性。

我們的研究核心說明圖(如圖4)如下：

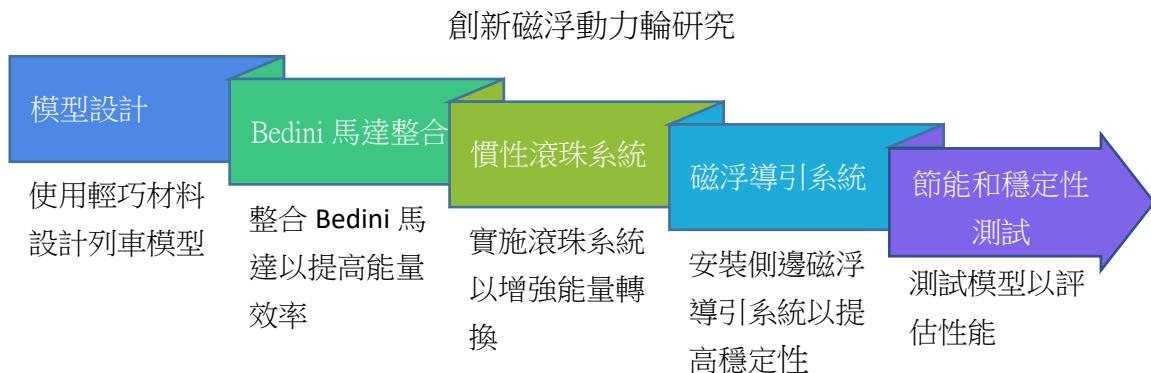


圖4. 研究核心說明圖 (作者製作)

### 一、模型設計：準備材料與製作磁浮車

準備磁浮軌道，讓列車可以浮起來行駛。使用輕巧的材料設計及製作一台小型磁浮車，讓它可以在軌道上移動。大家一起多次討論、腦力激盪、手繪草圖及簡易模型手做(如圖5、6、7)，其中圖5的草稿圖中要用到壓電系統，考量到現在我們的技術和成本方面，還沒辦法完成，等日後技術較成熟後會再試驗，再確認好較高的可行性結構後，最後使用 shape Student 進行模型設計，設計結果(如圖8)。

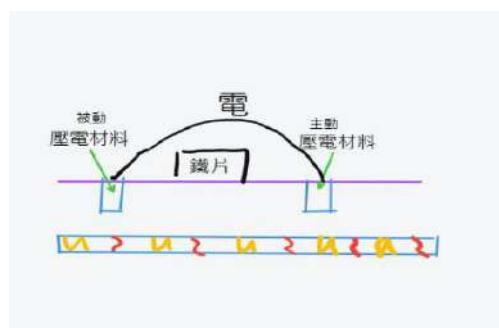


圖5. 磁浮車草稿側視圖  
(圖片來源:自行手繪)

<p>圖6. 磁浮車草稿圖 (圖片來源：padlet 自行手繪)</p>	<p>圖7. 組裝材料製作準備 (圖片來源：學生拍照)</p>

## 二、Bedini 馬達整合：讓列車在運行時能回收部分能量，提高續航力。

Bedini 馬達是一種特殊設計的電磁裝置，旨在以較低的電力驅動，並具備能量回收機制，以延長電池的續航能力。其運作基於電磁學原理，透過特定的電路設計實現高效能量利用。

### (一) Bedini 馬達的組成部分：

1. 電池：提供馬達運行所需的電能。
2. 線圈：通電後產生磁場，根據右手安培定則(圖9)，決定磁場方向。

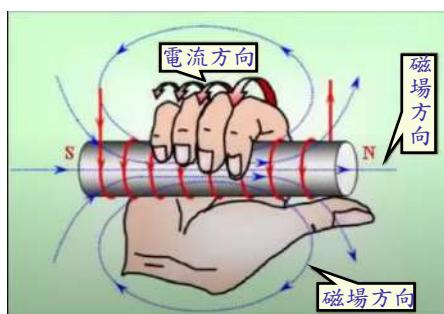


圖9. 安培右手定律  
(圖片來源：均一教育平台)

3. 轉子：安裝有磁鐵的旋轉部件，受磁場作用而旋轉。

4. 磁鐵：固定於轉子上，與線圈產生的磁場互動。

5. 開關電路：控制電流的通斷，調節馬達的運行狀態。

## (二) Bedini 馬達的工作原理：

### 1. 啟動階段：

(1) 電池供電，電流通過線圈，產生磁場。

(2) 該磁場與轉子上的磁鐵互相作用，推動轉子開始旋轉。

### 2. 自動開關電路運作：

(1) 當轉子旋轉至特定位置時，開關電路暫時切斷電流，轉子依慣性繼續旋轉。

(2) 此設計可減少電力消耗，提高馬達的運行效率。

### 3. 能量回收機制：

(1) 電流中斷時，線圈內的磁場會迅速崩潰，產生反向電動勢(Back EMF)。

(2) 此反向電流可用於為另一電池充電，實現能量回收。

(3) 透過連接 LED 燈，可視覺化地顯示回收電能的輸出。



圖10. Bedini 馬達的原理(學生製作)

	
圖11. 磁浮軌道黏上磁鐵 (圖片來源：學生拍照)	圖12. 磁浮車成品 (圖片來源：學生拍照)

#### 4.磁鐵選擇與改進過程

在本研究中，原計畫使用長度40 cm的強力磁鐵，提升推動力並促進磁浮動力輪的長距離移動。然而，經過多次測試後，發現此類磁鐵存在兩大問題：

- (1)成本過高：長尺寸磁鐵價格昂貴，增加實驗開銷。
- (2)易碎性高：磁鐵在安裝與操作過程中易受外力影響而發生斷裂的現象，影響實驗的安全性。

為解決這些問題，研究團隊決定改用長度5 cm的高效小型強力磁鐵。這項調整帶來了以下優勢：

- (1)降低成本：小型磁鐵價格較低，使實驗更具可行性。
- (2)提升安全性：減少操作與安裝過程中的磁鐵破損風險。

雖然小段磁鐵的推動力相對較弱，導致展示的移動範圍有限，但多次測試結果證實，這項改變並未影響研究的創新性，反而展現了解決問題的科學精神。同時，這也為未來磁浮技術的應用與優化奠定了基礎。實驗過程中，部分磁鐵因測試需求而受損，相關照片(圖13)，以供記錄與分析。



圖13. 損壞的磁鐵  
 (圖片來源：學生拍照)

### 三、慣性滾珠系統

慣性滾珠系統是一種利用滾珠在特定軌道上滾動，以維持或增強裝置運動的設計。此概念源自於滾珠滾動永動機轉輪的設計，該設計試圖透過滾珠的持續運動，實現裝置的永久旋轉。

#### (一) 滾珠滾動永動機轉輪的設計概念(圖14)：

- 1.大圓盤：類似風車般可旋轉的結構。
- 2.傾斜軌道：安裝在圓盤上，供滾珠滾動。
- 3.滾珠：放置於軌道上，自由滾動。

期望透過滾珠在傾斜軌道上的滾動，利用重力使滾珠從高處滾至低處，從而推動圓盤持續旋轉。

#### (二) 為何此設計無法實現永久運動：

- 1.摩擦力：滾珠與軌道間的摩擦會導致能量損失，最終使圓盤停止旋轉。
- 2.空氣阻力：旋轉的圓盤在空氣中會遇到阻力，逐漸減速直至停止。
- 3.能量守恆定律：根據物理學原理，能量無法憑空產生或消失，滾珠下滾所獲得的能量，最多只能等於初始賦予的能量，無法無限增加，因此無法實現永久運動。

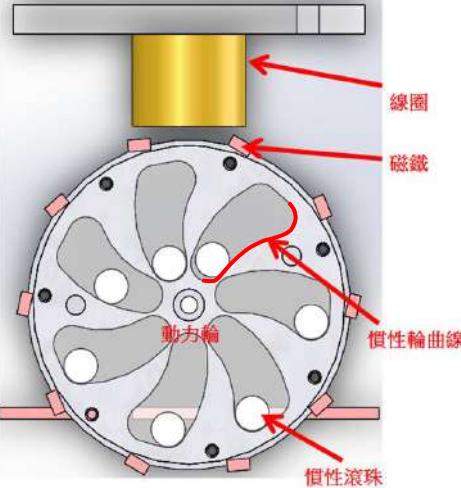
即使初始階段圓盤可能旋轉，但最終會因摩擦力和空氣阻力而停下。然而，這種設計中的慣性效應仍可被利用於其他應用。

#### (三) 最速降線 (Brachistochrone curve) 在設計中的應用(圖15)：

最速降線是指在兩點間，物體在重力作用下以最短時間滑下的曲線。這條曲線並非直線，而是一種特殊的彎曲路徑。在工程領域，最速降線的概念被廣泛應用。例如，中國古代建築中的大屋頂曲線設計(圖16)，能使雨水以最快速度流走。此外，在棒球運動中，擊球者的揮棒軌跡若符合最速降線(圖17)，則可達到最快的揮擊速度，增加擊球初速，配合適當的擊球仰角，讓球飛得更遠。

#### (四) 本實驗中的應用：

在本實驗中，我們採用了最速降線的設計原理，優化慣性滾珠系統的軌道曲線。透過這種設計(圖18)，滾珠能以最快速度滾動，獲取最大的轉動能量，從而提高系統的效率和性能。

 	
<p>圖14. 滾珠滾動永動機轉輪 (資料來源：靈刻科技)參考資料十一</p>	<p>圖15. 最速降線原理 (圖片來源：懶惰的宇宙) 參考資料十二</p>
	
<p>圖16. 最速降線原理，中國古代建築中的大屋頂曲線設計。 (圖片來源：學生拍照)</p>	<p>圖17. 最速降線原理，以擊棒球為例 (圖片來源：學生拍照)</p>
	
<p>圖18. 慣性滾珠系統設計圖 (圖片來源：by Onshape Student 進行模型設計)</p>	

#### 四、側邊磁浮導引系統：

磁浮車利用磁力使車輛懸浮，減少摩擦以達到高速運行。然而，在實際應用中，列車可能因軌道不平或其他因素導致運行不順甚至卡頓(如圖19)。

##### (一) 傳統解決方案的局限性

過去的研究多採用更換不同材質或改變幾何形狀等方法，試圖降低摩擦力，以改善列車運行不順的問題(圖19)。



圖19. 列車運行不順  
(圖片來源：中華民國第 57 屆中小學科學展覽會)

## (二) 側邊磁浮導引系統的創新設計

本實驗提出側邊磁浮導引系統，在軌道兩側安裝磁鐵，與列車下方的磁鐵產生相斥力，減少列車與軌道間的接觸，從而提高運行穩定性。(圖20)

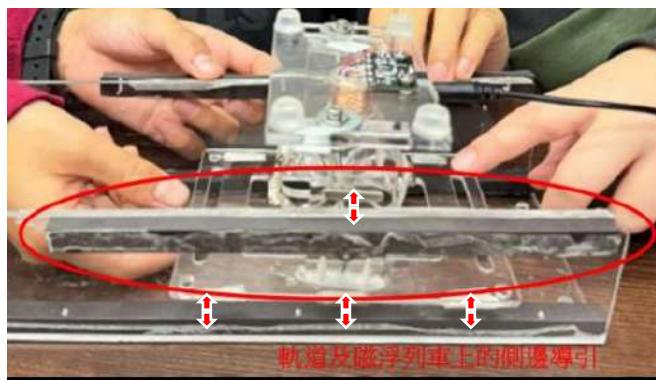


圖20. 磁浮導引系統效果測試  
(圖片來源 :學生拍照 )

## (三) 實驗步驟

- 1.評估 Bedini 馬達的能量回收：檢測 Bedini 馬達是否成功回收電力。
- 2.測試慣性滾珠的影響：觀察加裝慣性滾珠後，列車行駛距離的變化，並記錄相關數據，並觀察慣性滾珠在材質不一樣時，列車行駛距離和慣性輪在轉速上的差異。
- 3.比較側邊磁浮導引的效果：分析有無側邊磁浮導引系統時，列車的穩定性和晃動情況。

4. 測試負重對行駛距離的影響：觀察在列車增加重量後，行駛距離上的差異。

5. 比較磁浮車在不同的磁鐵顆數下的差別：分析在車體底部的磁鐵數量浮起的高度和行駛距離有什麼關聯。

6. 觀察磁浮動力輪的推進力：測試慣性輪上磁鐵在不同角度和不同顆數的配置下的穩定度和行駛距離。

#### (四) 數據分析與改進

通過整理上述實驗數據，找出最省電、最穩定的設計方案，並進行相應的改進。

#### (五) 結論與未來應用

根據實驗結果，評估側邊磁浮導引系統在磁浮車中的應用潛力，並探討其在實際交通工具中的可行性。最後，設計車體外觀(Team Taiwan)，準備科展展示! (如圖21)



圖21. 車體外觀設計

(Microsoft Copilot 繪製)

## 肆、研究結果

在我們的研究中，為了測試所設計的磁浮動力輪是否更省電、更穩定，我們進行了八項不同變數的實驗，並詳細記錄數據以尋求最佳設計方案。透過比較行駛距離、速度、穩定性（晃動次數）及能耗等指標，我們分析如何讓列車運行得更快速、穩定且節能。每個變數均進行多組對照實驗，每組重複多次，以確保數據的可靠性。記錄的數據包括：

•行駛距離：測量列車在磁浮軌道上行駛的總距離，以評估動力系統的效率。

•穩定性：觀察並記錄列車在行駛過程中的晃動次數或偏離軌道的情況，以評估側邊磁浮導引系統的效果。

在實驗開始前，我們使用高斯計對各種市售磁鐵的磁場強度進行測量(圖23)，作為本次及後續研究的基礎依據。同時，標示出各磁鐵的尺寸及其磁場強度。以下是測量結果：

•軟性磁鐵(尺寸：400 mm×10 mm×5 mm，用於磁浮軌道)：磁場強度為530 G(高斯)

•N38 磁鐵(尺寸：20 mm×4 mm×2 mm，用於磁浮動力輪及磁浮車)：磁場強度為 2200 G

•N45 磁鐵(尺寸：50 mm×8 mm×3 mm，安裝於磁浮軌道上，與磁浮動力輪相斥以產生推力)：磁場強度為 2600 G

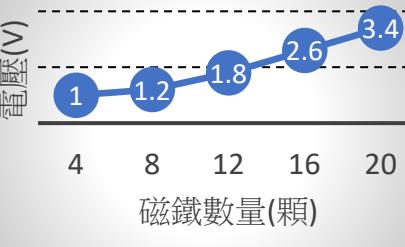
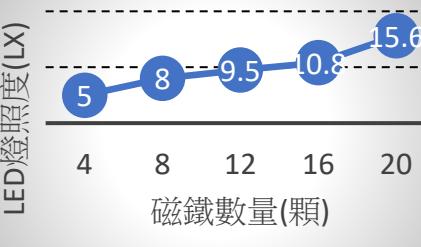
•線圈(線徑：0.35 mm，繞制 450圈，用於 Bedini 馬達)：磁場強度為 210 G

這些測量結果為我們的實驗提供了關鍵參數，使我們能夠精確地控制和調整磁浮系統的設計，進一步探討各組件對列車性能的影響。

	
圖22. 測試磁浮導引效果 (圖片來源: 家長拍照)	圖23.量測磁鐵磁力 (圖片來源: 學生拍照)

## 一、Bedini 馬達的能量回收測試

(一) 實驗方法：測試使用 Bedini 馬達轉動時，在動力輪上以增加磁鐵數量，比較能量回收狀況，我們以量測電壓值(圖24)及實際輸入給 LED 後產生發光照度(圖25)改變進行記錄，使用照度計量測，量測時間為30秒。實驗數據整理如圖26、圖27

	
<p>圖24. 測量電壓 (圖片來源: 學生拍照)</p>	<p>圖25. 量測 LED 照度, 用照度計1339R (圖片來源: 學生拍照)</p>
	
<p>圖26.磁鐵數量和產生電壓的關係 (來源：自製 excel 圖表)</p>	<p>圖27.磁鐵數量和 LED 燈照度的關係 (來源：自製 excel 圖表)</p>

## (二) 實驗結果分析：

- 1.電壓與磁鐵數量的關係：隨著動力輪上磁鐵數量的增加，Bedini 馬達產生的電壓呈現上升趨勢，表明更多的磁鐵有助於提高能量回收效率。
- 2.照度變化：LED 的發光亮度隨著磁鐵數量的增加而增強，這與電壓提升相一致，進一步證實了能量回收量的增加。
- 3.潛在應用：若進一步設計並引入儲能系統，回收的電能可被有效儲存，從而延長列車的運行距離和時間，提高整體能源效率。

## 二、慣性滾珠系統測試

### (一) 慣性滾珠(圖30)對行駛距離的影響 (滾珠直徑為6 mm)

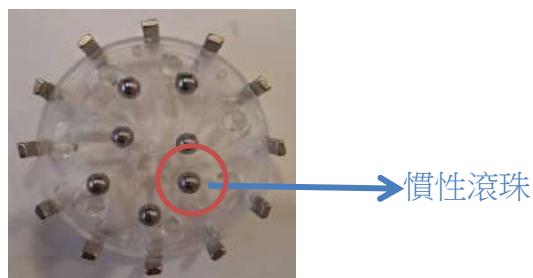


圖28. 磁浮車的慣性輪 (圖片來源: 學生拍照)

1. 實驗方法：測試加入滾珠後列車的行駛距離變化，統計15次數據，並把數據做成盒鬚圖(圖31)。

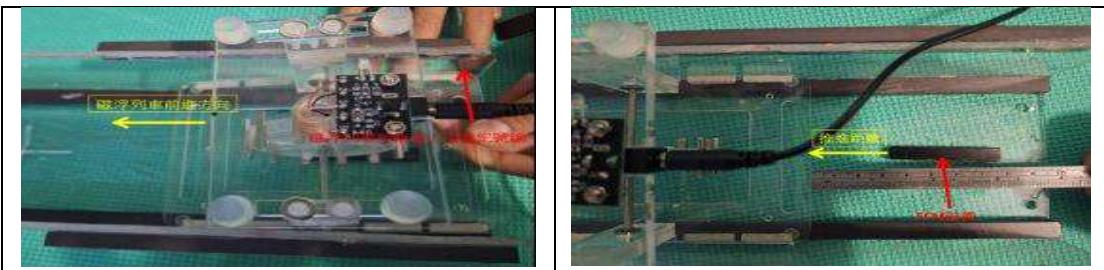
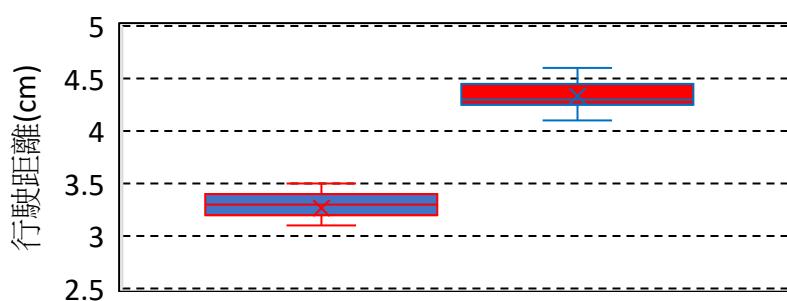


圖29. 磁浮車出發位置(紅色箭頭指出我們在軌道上畫的記號)(圖片來源: 學生拍照)

圖30. 磁浮車停止位置(黃字為推動距離，紅色箭頭指出在軌道上用的5cm長磁鐵) (圖片來源: 學生拍照)



左邊未使用慣性滾珠，右邊有使用慣性滾珠

平均行駛距離：

使用慣性滾珠：4.28 cm

未使用慣性滾珠：3.24 cm

圖31. 使用慣性滾珠對行駛距離的影響

(來源：學生自製 excel 圖表)

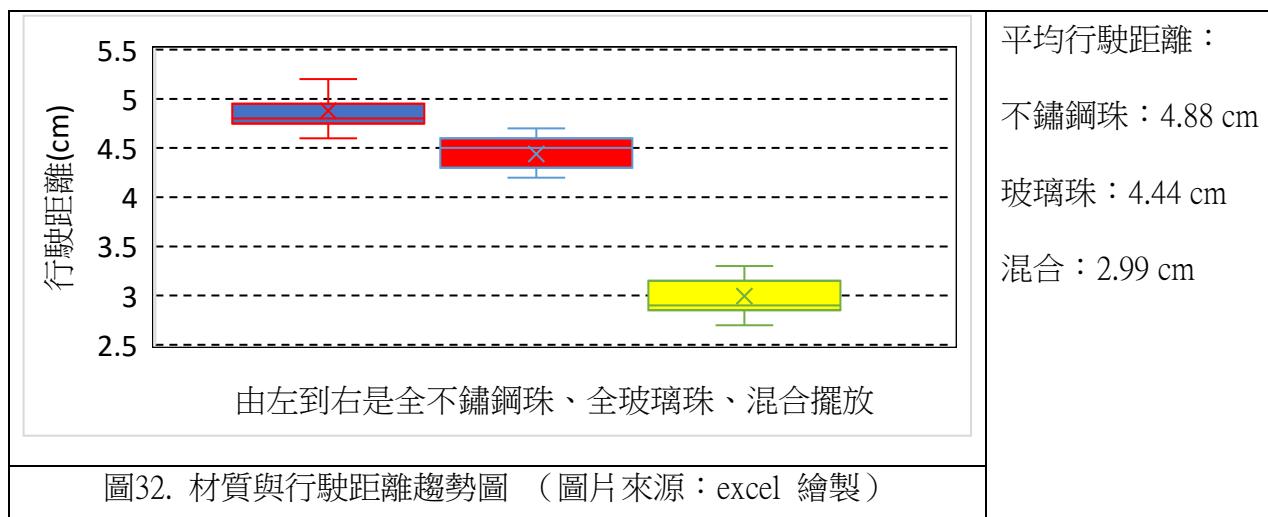
2. 結果分析：滾珠提供額外動力，列車可以跑更遠，行駛距離增加約31.7 %。

$$\text{增加百分比} = \frac{\text{使用慣性滾珠平均} - \text{未使用慣性滾珠平均}}{\text{未使用慣性滾珠}} \times 100\%$$

$$= \frac{4.28 - 3.24}{3.28} \times 100\% \approx 31.7\%$$

(二) 慣性滾珠材質對行駛距離的影響 (直徑為6mm 玻璃珠/不鏽鋼珠)

1. 實驗方法：測試(測試15次)慣性滾珠材質(不鏽鋼珠4.5g/顆、玻璃珠2.5g/顆、混合擺放是將兩種滾珠擺放在一起)，列車的行駛距離變化(圖32)。



2.結果分析：慣性滾珠材質實驗後，發現以不鏽鋼珠驅動使列車可以跑更遠，主要原因是產生較大慣性力，其次為玻璃珠，最差的是不鏽鋼珠+玻璃珠，在此系統中造成較大的負載，導致整體重量過重，導致無法對磁浮車的推動帶來好處。

### (三) 有無慣性滾珠及滾珠材質對轉速的影響

1.實驗方法：先在慣性輪上貼上反光貼紙，再利用轉速計分別測量有沒有滾珠和滾珠材質的轉速，並比較差異，並做成圖表。



圖33. 使用 RPM 計測轉速  
(老師協助拍攝)

滾珠種類	沒有滾珠	不鏽鋼珠	玻璃珠	混合
平均轉速(RPM)	906.35	848.14	876.78	617.32

表1. 各種材質的滾珠影響動力輪的轉速  
(表格來源：excel 繪製)

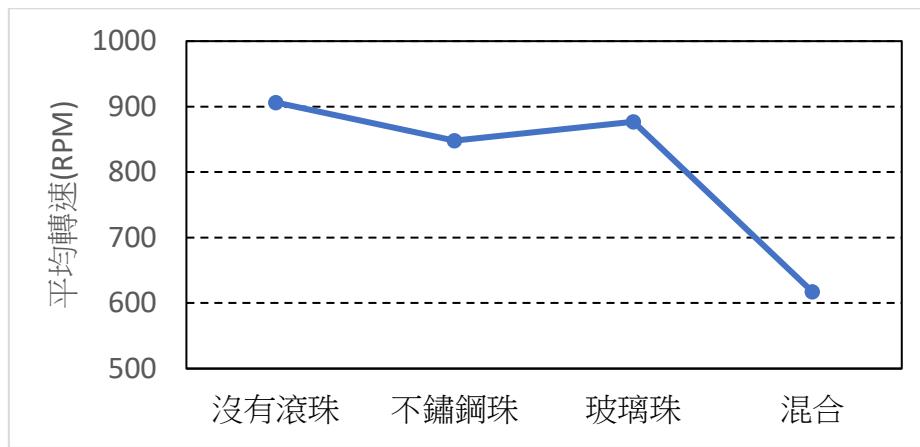


圖34. 各種材質的滾珠影響動力輪的轉速趨勢圖

(圖片來源：excel 繪製)

2.結果分析：在這個實驗中，我們發現沒有滾珠的是轉最快的，反而是混合的轉最慢。轉速越快，代表著感應電流就會越多，電流越多，表示可以回收的電力就越多，達到節能的效果，所以在這方面是沒有滾珠的儲電效率會比較高。

### 三、側邊磁浮導引系統測試

#### (一) 側邊磁浮導引系統對穩定性的影響

1. 實驗方法：測試有無側邊磁浮導引時，列車晃動次數變化，以手機慢動作模式拍攝後計數。(車體底部依序放四、六、八、十顆磁鐵)

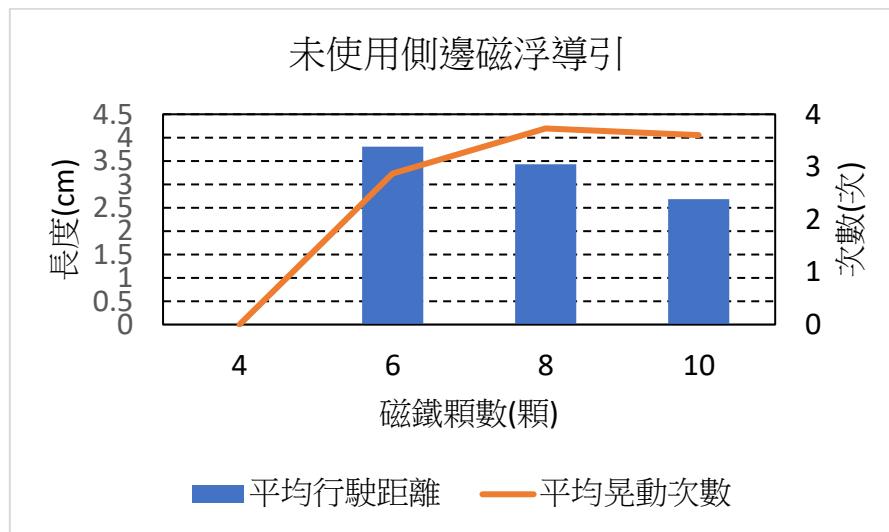


圖35. 側邊磁浮導引系統對穩定性的影響(未使用側邊磁浮導引)

(圖片來源：excel 繪製)

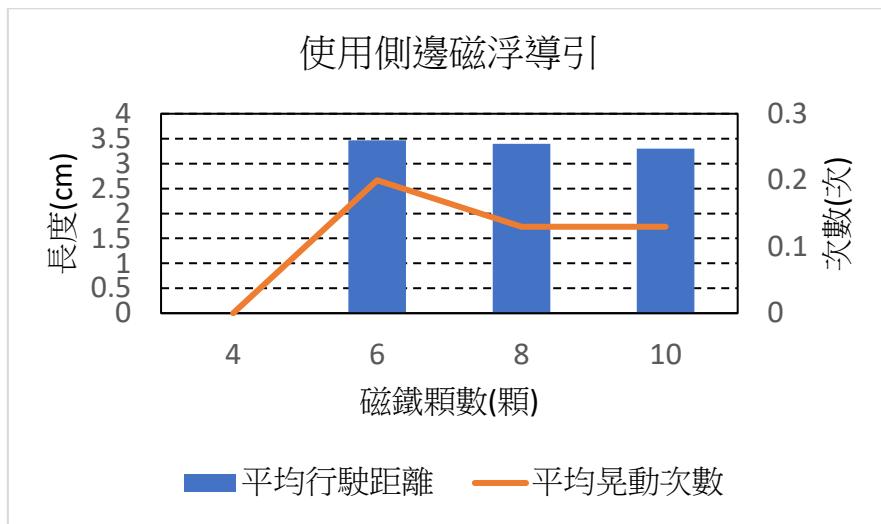


圖36. 側邊磁浮導引系統對穩定性的影響(使用側邊磁浮導引)

(圖片來源：excel 繪製)

2.結果分析：除了四顆磁鐵在測試時會吸在軌道上以外，側邊磁浮導引雖然距離會稍微減少，但是可以減少列車晃動，使列車更穩定。

(二) 測試有無側邊磁浮導引時，磁浮車於磁浮軌道上的滑動阻力推力測試。

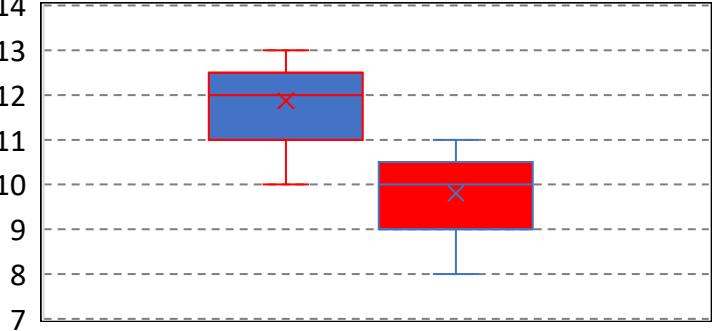
1.實驗目的：測試側邊磁浮導引對磁浮車在磁浮軌道上的滑動阻力影響，以確定其是否能有效降低行駛阻力並提升穩定性。

2.實驗方式：

(1)無側邊磁浮導引測試：將磁浮車放置於軌道上，利用推拉力計測量滑動所需的推力值(圖37)。

(2)有側邊磁浮導引測試：安裝側邊磁浮導引後，重複測量滑動推力值。

(3)進行多次測試並記錄數據，畫成盒鬚圖進行分析(圖38)。

	 <p>左邊無側邊磁浮導引，右邊有側邊磁浮導引</p>
<p>圖37. 推拉力測試 (圖片來源: 學生拍照)</p>	<p>圖38. 側邊磁浮導對磁浮車於磁浮軌道上的滑動阻力推力測試 (圖片來源: excel 繪製)</p>

### 3. 實驗結果分析：

- (1) 無側邊導引時，磁浮車的滑動阻力平均為12.2 g，表示推進時仍有較大的摩擦或不穩定因素影響行駛。
- (2) 有側邊導引時，磁浮車的滑動阻力平均為10.2 g，顯示側邊磁浮導引有產生相斥力，可以保持磁浮車的平衡，效降低了行駛時的摩擦與阻力。但因為手工製作，磁場較不易控制，影響未如想像中顯著。

### 4. 結論

側邊磁浮導引大約降低了磁浮車16.4%的滑動阻力，提高推進效率和穩定性，因此在實際應用上，應考慮導入該技術來優化磁浮系統的表現。

## 四、負重對行駛距離的影響

### (一) 實驗方法：增加列車重量，觀察行駛距離變化。

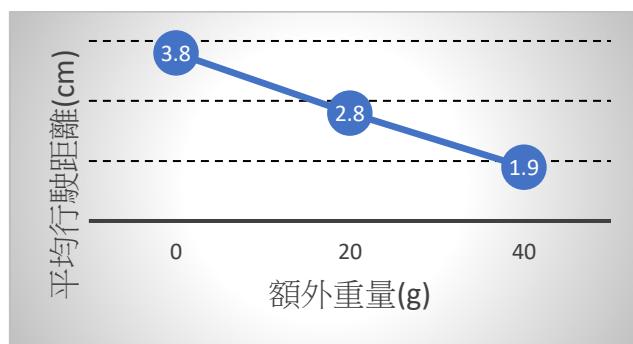


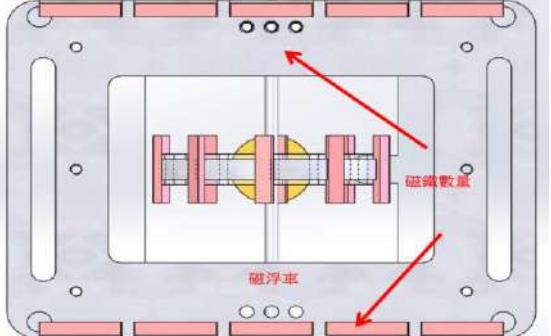
圖39. 負重對行駛距離的影響 (圖片來源: excel 繪製)

### (二) 結果分析：列車變重後，行駛距離減少。

## 五、磁浮車磁鐵配置實驗

(一) 實驗目的：探討不同軌道磁鐵數量對推進效率與行駛穩定性的影響

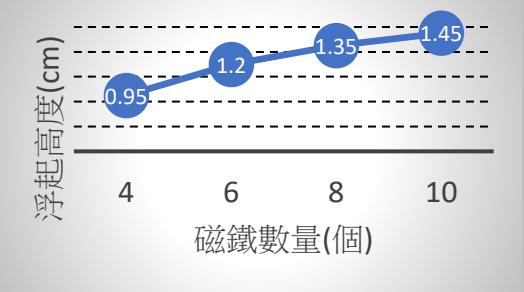
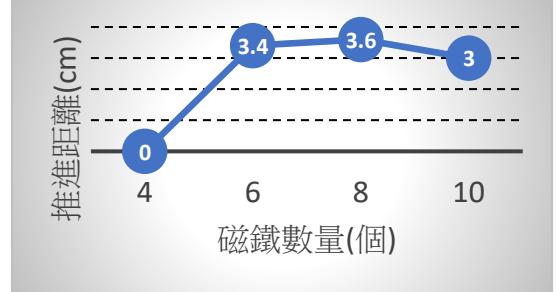
(二) 變數設定：磁鐵數量：4、6、8、10個

	
圖40. 設計圖 (圖片來源：Onshape Student 進行模型設計)	圖41. 量測不同顆數的磁鐵造成的高度差(圖片來源：老師協助拍攝)

(三) 數據記錄：車體浮起高度(從軌道最上面量到車體底部)、推進距離(15次取平均)

(四) 預期結果：找出最佳的軌道磁鐵配置，增加推進距離與行駛穩定性

(五) 實驗數據記錄表及趨勢圖整理如下(圖42、43)：

	
圖42. 磁鐵數量與浮起高度趨勢圖 (圖片來源：excel 繪製)	圖43. 磁鐵數量與推進距離趨勢圖 (圖片來源：excel 繪製)

## (六) 實驗結果與討論

在磁鐵數量和浮起高度的實驗中，我們發現到除了四顆磁鐵在推進測試時會吸在軌道上以外，磁鐵數量越多，浮起來的高度就越高，另外當磁鐵數量增加到8顆

時，推進距離達到最高點3.6 cm，之後當磁鐵數量增加到10顆，推進距離反而下降到3.0 cm，我們推測應該是車子浮起太高所以讓動力輪離推進的磁鐵太遠導致推進距離變短，我們也發現到4顆磁鐵時，浮起來的高度最低，慣性輪的磁鐵常常跟軌道的磁鐵吸在一起，推測應該是磁力太小或是車體太重導致的。這反映了磁場影響的非線性變化，磁浮車浮起太高或太低皆不利於推進距離。

## 六、磁浮動力輪推進力實驗

(一) 實驗目的：測試不同磁浮動力輪設計對推進力與行駛速度的影響。

(二) 變數設定：

1. 動力輪磁鐵排列角度：15°、30°、45°(圖44)

2. 底部磁鐵數量：4顆、6顆、8顆、10顆

(三) 數據記錄：行駛距離 (cm)

(四) 磁浮動力輪推進力測試(每個項目測試5次)，表格(表2)及趨勢圖(圖45)表示如下，記錄了不同動力輪設計(磁鐵排列角度與數量)對推進距離的影響趨勢圖，並評估穩定性。

穩定性我們定義：
$$\begin{cases} \text{晃動次數} < 2 \text{次} : \text{穩定} \\ 2 \text{次} \leq \text{晃動次數} \leq 4 \text{次} : \text{輕微晃動} \\ \text{晃動次數} > 4 \text{次} : \text{不穩定} \end{cases}$$

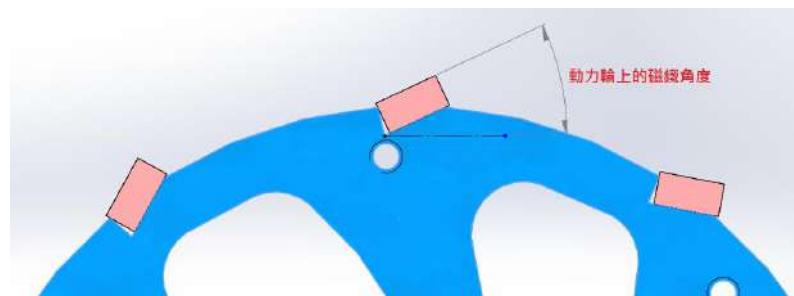


圖44. 磁鐵角度示意圖(學生繪製)

磁鐵排列角度(度)	磁鐵數量(個)	平均推進距離(cm)	穩定性評估
15	4	0	無法移動
15	6	3.0	穩定
15	8	3.4	輕微晃動
15	10	3.6	輕微晃動
30	4	0	無法移動
30	6	3.5	穩定
30	8	4.0	穩定
30	10	4.1	輕微晃動
45	4	0	無法移動
45	6	4.0	輕微晃動
45	8	4.3	輕微晃動
45	10	4.6	不穩定

表2. 磁浮動力輪推進力測試結果 (圖片來源：excel 繪製)

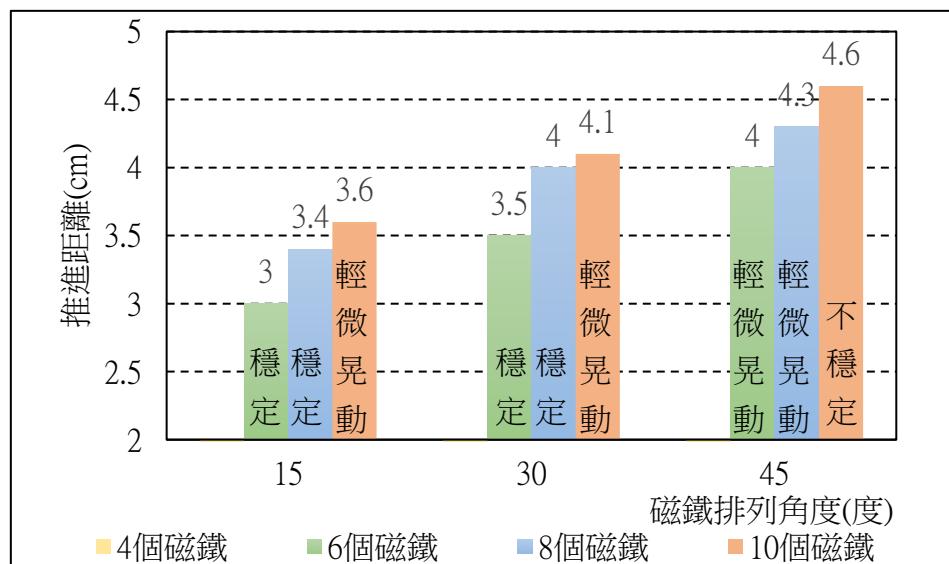


圖45. 磁鐵數量對推進距離的影響 (圖片來源:excel 繪製)

## (五) 實驗結果與討論

1. 磁鐵數量增加，推進距離提升無論磁鐵排列角度為何，磁鐵數量從4顆增加到10顆時，推進距離都有明顯提升(其中4顆磁鐵因為吸在軌道上而無法量測)。
2. 最遠推進距離磁鐵排列角度為  $45^\circ : 45^\circ$  的動力輪，在同樣的磁鐵數量下，推進距離表現最好 (最高達 4.6 cm)。但隨著磁鐵數量增加到10顆，穩定性開始下降，可能因為重力的平衡的原因導致運行不穩定。
3. 在 $30^\circ$ 角時，推進距離與穩定性之間達到平衡： $30^\circ$  的動力輪，推進距離相對較高 (最高 4.1 cm)，且仍然保持穩定。可能是因為此角度下磁力和重力達到平衡，推進力較均勻。

## (六) 建議方向

1. 如果追求最遠推進距離：可以選擇  $45^\circ + 10$  顆磁鐵，但需要解決穩定性問題。
2. 如果追求推進距離與穩定的平衡： $30^\circ + 8$  或 10 顆磁鐵是較理想選擇

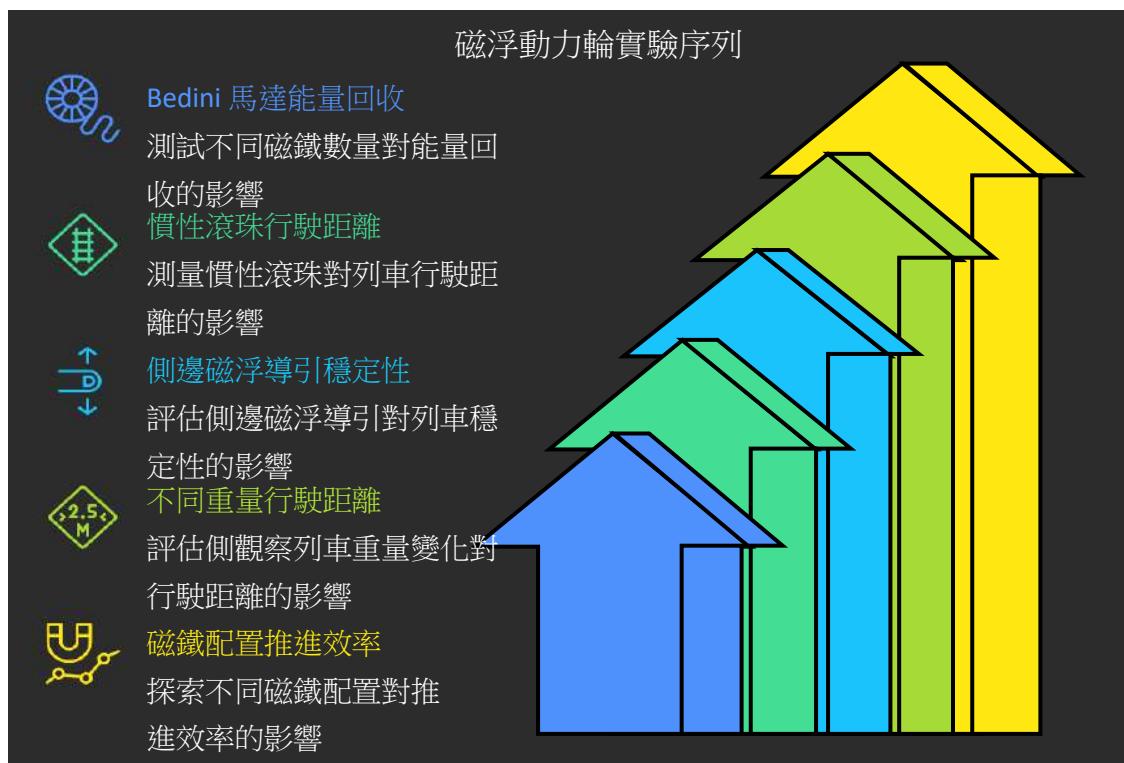


圖46. 研究過程的步驟 (作者製作)

## 伍、討論

在本研究中，我們成功研發出結合 Bedini 馬達 與 慣性滾珠旋轉能 的 創新磁浮動力輪，並通過一系列實驗驗證了其節能性與穩定性。這些結果證明，我們可以透過不同設計提升磁浮車的節能效果與穩定性，未來也能應用在更大型的交通工具上！以下為詳細的實驗結果與討論：

### 一、Bedini 馬達電能回收效果

#### (一) 實驗結果：

透過 Bedini 馬達的電能回收技術，我們成功地將部分電能回收並再利用。實驗中 LED 燈成功被點亮，顯示出回收電能能夠支持輕量化設備運作，電池續航力得以提升。

#### (二) 討論：

這項結果顯示 Bedini 馬達在動力輸出過程中，不僅僅是消耗電能，還能夠回收部分能量， 達到更高的能源利用效率。此創新設計不僅適用於磁浮車，也有潛力應用於無人工廠與智慧倉儲的自動化設備上，例如 無人搬運車（AGV）的續航提升。

### 二、慣性滾珠旋轉能推動效果

#### (一) 實驗結果：

透過慣性滾珠的旋轉能量，我們成功推動磁浮車在軌道上前進。與僅依賴電力驅動相比，行駛距離增加約31%。這證明滾珠的旋轉能在推動列車行進中發揮了重要作用。

#### (二) 討論：

慣性滾珠的旋轉能不僅提升了動力輪的推進效果，還大幅降低了對電池的依賴，這在未來智慧交通系統 中將是一項重要的節能技術。特別是在長距離或高頻率的運輸場景中，慣性滾珠旋轉能可以有效減少電池更換頻率和成本。

### 三、側邊磁浮導引系統的穩定性測試

#### (一) 實驗結果：

經過多次行駛測試，我們設計的側邊磁浮導引系統成功使列車在軌道上保持穩定，也大約下降了16%的阻力。與傳統磁浮系統相比，穩定性提升且有效的消除晃動。

## (二) 討論：

側邊磁浮導引系統的設計巧妙地利用了磁力相斥的特性，使列車在高速前進時能保持平穩也降低了阻力。這項設計不僅提升了乘坐舒適性，還能應用於無人工廠與智慧倉儲中，確保自動化運輸過程中的穩定與安全。

## 四、小段磁鐵的應用效果

### (一) 實驗結果：

由於長尺寸磁鐵（40 cm 以上）價格昂貴且易碎，我們改用5 cm 小段強力磁鐵 作為軌道推動裝置。雖然移動範圍較小，但成功展示了磁浮推進的效果。

### (二) 討論：

這項調整雖然在現階段僅能展示較小的移動範圍，但並不影響研究的創新性和成果展示。實驗過程中，我們展現了靈活解決問題的能力，並對未來 大型化應用 抱持高度熱忱。我們相信，隨著技術的進步和資源的增加，這項創新設計將會應用於更大規模的磁浮交通工具中。

## 五、最佳磁鐵配置

### (一) 實驗結果：

透過多次實驗，我們發現磁浮車的磁鐵數量 8顆時，能達到最佳的懸浮效果與行駛穩定性。未來若要設計大型磁浮車，須特別注意磁浮高度的變化，確保列車平穩運行。

在磁浮動力輪部分，若追求最遠的推進距離，可選擇45°角度 + 10顆磁鐵，但此配置的穩定性較低，容易導致列車晃動，因此需進一步優化平衡結構與導引系統。如果希望在推進距離與穩定性之間取得最佳平衡，則30°角度+ 8或10顆磁鐵的配置較為理想，不僅能提供良好的推進力，也能確保列車行駛穩定。

### (二) 討論：

本研究透過不同磁鐵數量與排列方式的測試，比較了磁浮車與磁浮動力輪在懸浮穩定性與推進效率上的表現。我們發現，磁鐵數量過多雖然能提供更強的推進力，但也會導致浮力過大，使列車難以維持穩定行駛；相反地，磁鐵數量過少則可能導致浮力不足，使列車與軌道接觸，降低推進效率。

此外，在測試過程中，我們發現磁浮高度會隨著磁鐵配置的變化而改變，未來若要將此技術應用於更大規模的磁浮系統，這些數據將成為重要的設計參考依據。我們期望未來能進一步優化磁浮動力輪的配置，提升推進效率，同時確保系統的穩定性，使磁浮技術更具實用價值，為智慧交通與自動化物流帶來更可靠的應用！

### 如何最佳化磁浮系統設計與性能？

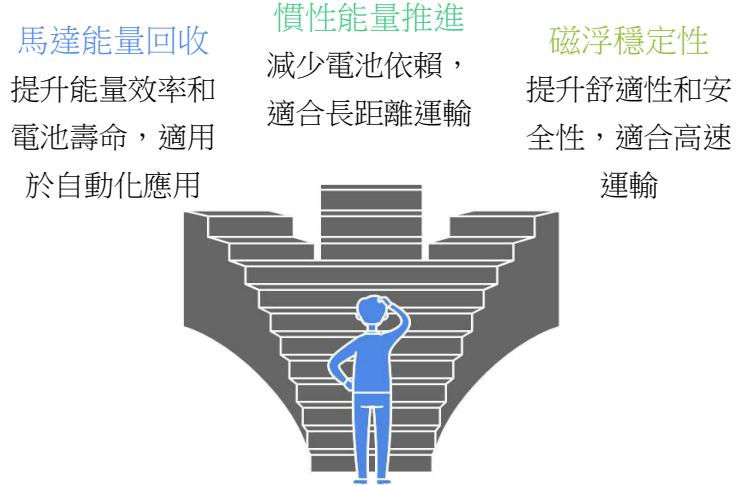


圖47. 磁浮系統最佳化(作者製作)

## 陸、結論

本研究成功地將 Bedini 馬達、慣性滾珠和側邊磁浮導引系統有效結合，創新地設計出磁浮動力輪，並應用於磁浮車模型中，展示出一種更節能、穩定且高效的磁浮交通工具。這項設計不僅有效減少電力消耗，還讓列車行駛過程更加平穩，提升了行駛效率與舒適度，為未來智慧交通系統提供了具前瞻性的節能解決方案(如圖48)。

### 一、創新設計與技術突破

- (一) Bedini 馬達電能回收技術：通過 Bedini 馬達回收動能並重複利用，成功點亮 LED 燈，證明預期能使電池續航力提升，達到節能效果。
- (二) 慣性滾珠旋轉能技術：利用慣性滾珠旋轉過程中產生的動能，有效減少電力消耗，讓磁浮車行駛更省電、更高效。
- (三) 側邊磁浮導引系統：創新設計的側邊磁浮導引系統，讓列車在行駛過程中更加平穩、穩定且不易晃動，大幅提升行駛安全性與舒適度。

## 二、節能與環保效益

(一) 本研究透過電能回收、減少電力消耗與磁浮穩定設計，顯著提升能源使用效率，有效降低磁浮車的碳排放與能源損耗，為未來低碳智慧交通提供了創新解決方案。

(二) 磁浮動力輪的設計具有高效能、低耗能的特點，未來可應用於智慧交通、無人工廠、智慧倉儲等領域，推動綠色城市與智慧物流的發展。

## 三、應用潛力與技術價值

(一) 智慧交通系統：創新磁浮動力輪可應用於 磁浮巴士、磁浮車 等新型智慧交通工具，不僅節能減碳，還能提升行駛速度與舒適度。

(二) 無人工廠與智慧倉儲：磁浮動力輪適用於自動化運輸、無人搬運車（AGV）與智慧物流系統，有效提升物流效率、節省能源並減少機械磨損。

(三) 半導體無塵室應用：磁浮技術無摩擦、無粉塵的特性，適合應用於 半導體無塵室中，提升製造過程的潔淨度與生產效率。

## 四、研究限制與改進方向

(一) 小型模型限制：由於安全性與成本考量，本研究使用小段尺寸磁鐵與小型模型進行實驗，目前僅能展示小範圍的移動。

(二) 磁浮導引系統優化：未來可進一步優化側邊磁浮導引系統，以提升高速行駛下的穩定性與過彎性能。

(三) Bedini 馬達效能提升：未來可研究更高效能的 Bedini 馬達設計，進一步提升能量回收與利用效率。

(四) 慣性輪及滾珠材料與設計改良：測試不同材質、形狀與配置的慣性輪及滾珠，提升動能回收效率與行駛速度。

## 五、未來展望

我們這次的研究展示了創新磁浮動力輪的無限潛力，結合了 Bedini 馬達回收電能和慣性滾珠旋轉能，並設計了高效穩定的側邊磁浮導引系統。儘管目前只展示了小範圍的移動，我

們對未來充滿無限的想像與期許！這項技術不僅可以解決現代交通工具高耗能與碳排放的問題，還有望廣泛應用於智慧交通、無人工廠和智慧倉儲等領域，為未來的科技發展鋪路！

(一) 提升磁浮動力輪性能，讓磁浮車跑得更遠、更快！ 我們的目標是讓磁浮車的行駛更高效、更快速、更穩定。未來，我們將：改進動力輪設計，進一步優化 Bedini 馬達和慣性滾珠組合，提升能量回收與輸出效率。強化側邊磁浮導引系統，增強穩定性，讓磁浮車可以在高速行駛中平穩過彎，並且提升安全性。採用輕量化材料（如碳纖維或新型複合材料），減輕車體重量，提升能效。優化電能回收技術，提升續航力，並探索無線充電技術，實現邊跑邊充電。

(二) 打造未來智慧交通工具，創造綠色城市！ 我們的夢想是打造安靜、快速、節能的磁浮交通工具，未來的城市將不再有引擎聲與廢氣，代之以無排放、零污染的交通系統。具體應用包括：磁浮巴士與磁浮車，無需傳統軌道和輪胎，實現高速行駛與環保通勤。結合自動駕駛技術，開發無人駕駛磁浮車，提升交通效率與安全性。整合 AI 與物聯網，打造智慧交通系統，實現智能調度與最佳行駛路徑規劃。

(三) 應用於無人工廠和智慧倉庫，提升自動化與節能效率！ 未來的工廠和倉庫將由自動化設備和 AI 系統全面控制，我們的磁浮動力輪能夠在以下領域發揮作用：在無人搬運車（AGV）中應用，提升物流效率並減少機械磨損。結合智慧物流系統，使物料和貨品能自動運送、分類和配送，提升倉儲運營效率。用於半導體無塵室，減少摩擦與粉塵，提升製造環境潔淨度。

(四) 結合可再生能源，邁向零碳排未來！ 我們計劃將可再生能源融入磁浮系統，實現真正的零碳排放：安裝太陽能板於磁浮車頂，利用太陽能實現全天候運行。在車輛中加入風能發電或動能回收系統，進一步提升能源利用效率。設計智慧能源管理系統，實現自動調節與最大化能源利用。

(五) 持續學習與研發，實現更偉大的夢想！ 雖然我們目前還是小學生，但我們相信只要懷抱創意、熱情與堅持，就能改變世界。未來，我們會深入學習物理、電磁學、機械工程及 AI 技術，讓我們的磁浮動力輪更強大。不斷創新，挑戰磁浮技術的極限，開發更多領域的應用。與全球的小科學家們交流合作，共同推動磁浮技術的進步。

這次的研究讓我們深刻體會到，只要敢於夢想、勇於實踐，任何年齡段的人都能創造改變世界的技術！我們會繼續朝著智慧交通、無人工廠、綠色城市的目標邁進，相信磁浮動力輪將會成為未來生活的一部分，改變我們的出行方式與工作環境！

### 實現未來磁浮技術

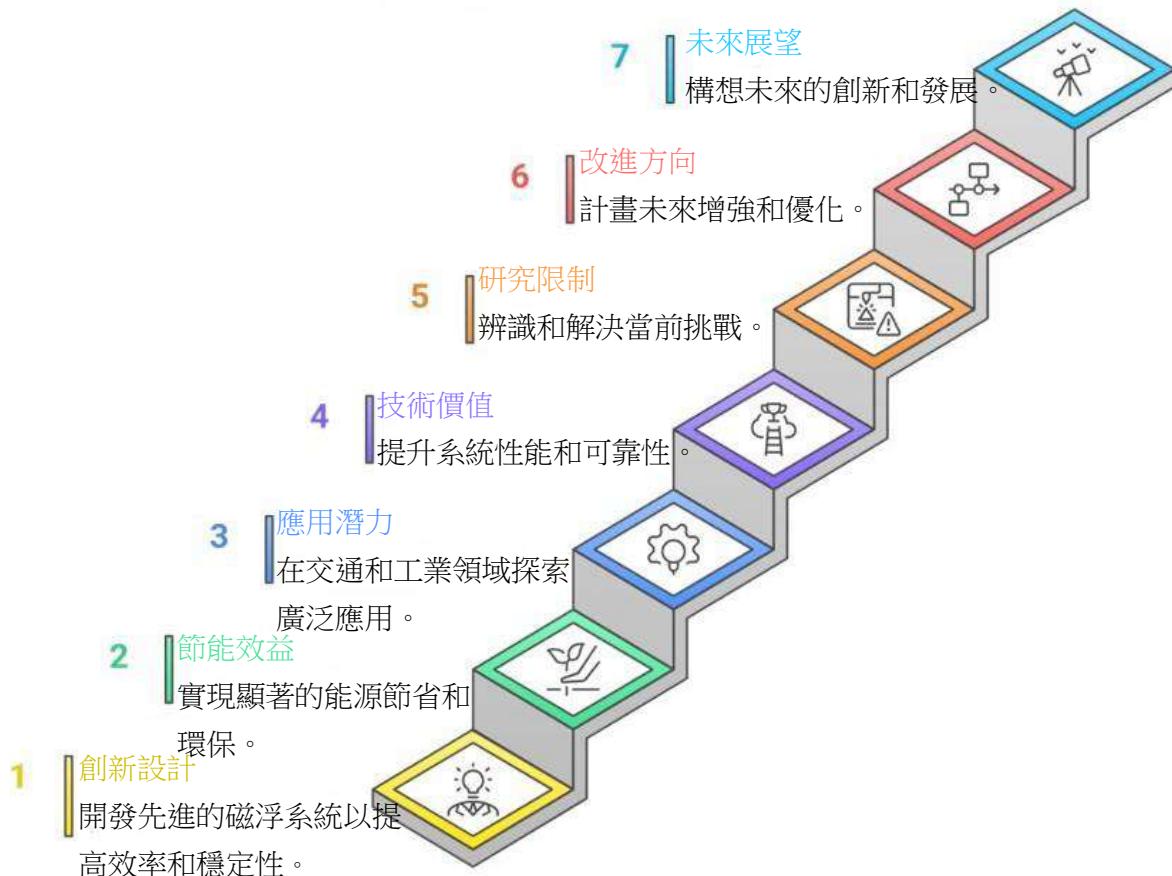


圖48. 未來預期實現的技術(作者製作)

## 柒、參考文獻資料

- 一、Bedini, J. (2008). *The Bedini motor and the future of energy*. Bedini Energy Technologies.
- 二、洪萬生（主編）. (2024). *數之軌跡IV：再度邁向顛峰的數學*. 三民書局股份有限公司。
- 三、新竹市第四十屆中小學科學展覽會. (n.d.). *動磁！動磁！磁浮列車！*  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080803.pdf>
- 四、中華民國第 57 屆中小學科學展覽會. (n.d.). *科學展覽會論文*.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080803.pdf>
- 五、中華民國第 60 屆中小學科學展覽會. (n.d.). *科學展覽會論文*.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-032814.pdf>
- 六、中華民國第 59 屆中小學科學展覽會. (n.d.). *作品說明書：揭密「磁浮列車」*.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-032912.pdf>
- 七、中華民國第 42 屆中小學科學展覽會. (n.d.). *磁浮列車飛得快*.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/c/1/080123.pdf>
- 八、國立臺灣科學教育館. (n.d.). *嘩！磁浮列車*.  
<https://www.ntsec.edu.tw/liveSupply/detail.aspxa=6829&cat=6844&p=1&lid=8238>
- 九、YouTube. (2023, May 10). *嘩！磁浮列車* [Video]. YouTube.  
[https://youtu.be/m6rMP5SpxLE?si=u\\_QptOqa81rU6dLm](https://youtu.be/m6rMP5SpxLE?si=u_QptOqa81rU6dLm)
- 十、YouTube. (2023, May 10). *B4C2 2 4螺旋線圈電流磁效應(均一教育平台)* [Video]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=C3V78MOpTWQ>
- 十一、網易號. (2023年11月13日). *永动机能否真正实现？它们违反了能量守恒定律和热力学定律*. 網易新聞。<https://www.163.com/dy/article/IJEQ23VC0521F5QQ.html>
- 十二、科学中的幻想与现实. (2024年3月24日). *永动机能否真正实现？* 知乎專欄。  
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/704036607>

## 【評語】082803

此科展作品巧妙整合了物理系統，展現廣泛的物理知識和優良的問題解決能力，充分體現了科學思維。建議進一步探索能量損耗問題並擴大應用可能性，這是一個具有發展潛力的有趣作品。

作品海報

天人地力能合

创新磁浮重力輪的奇幻之旅

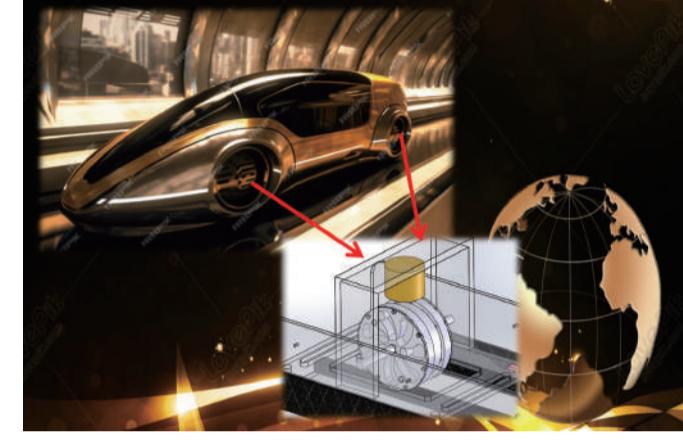
## 一、研究動機

現在的運輸工具：  
**高耗能  
碳排放**

利用磁力降低磨損的消耗  
利用慣性將所需能源降低  
利用儲存回收電能來省電

創新磁浮動力輪：  
**更省電  
更穩定**

## 二、研究目的



**創新  
磁浮動力輪**

Bedini馬達

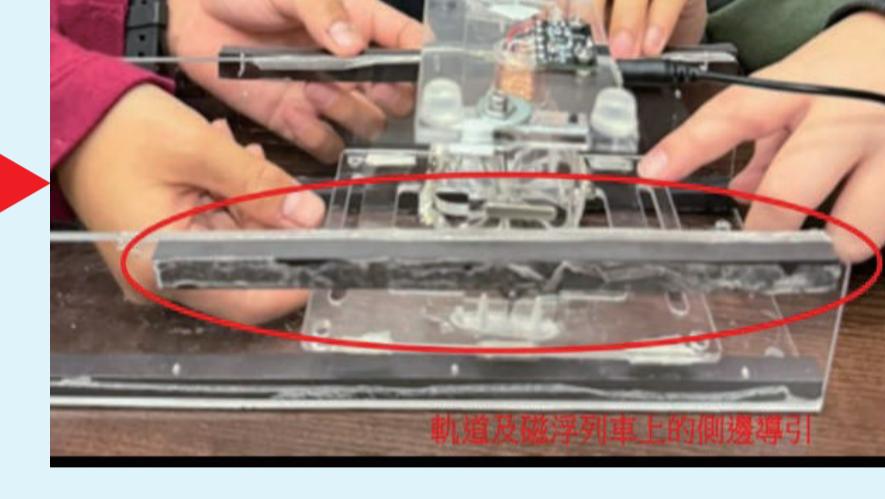
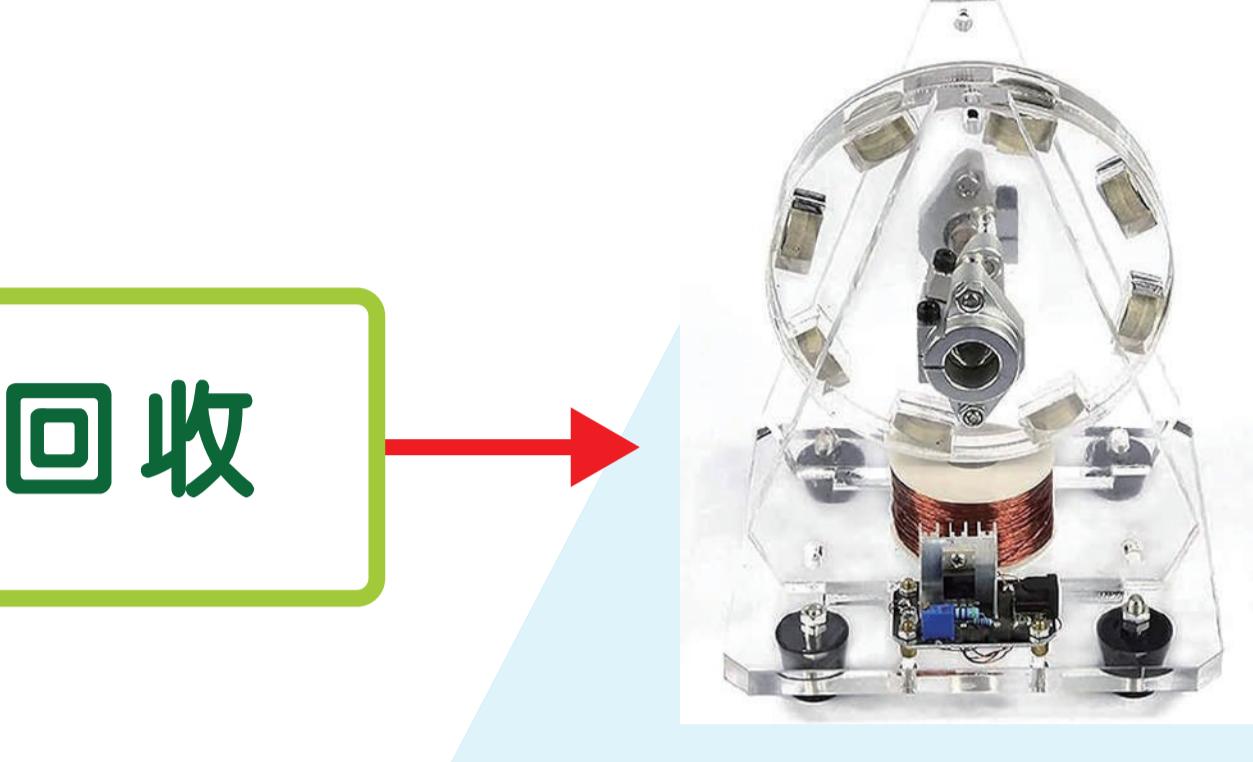
慣性滾珠

側邊磁浮導引

**能量回收**

**動能輔助**

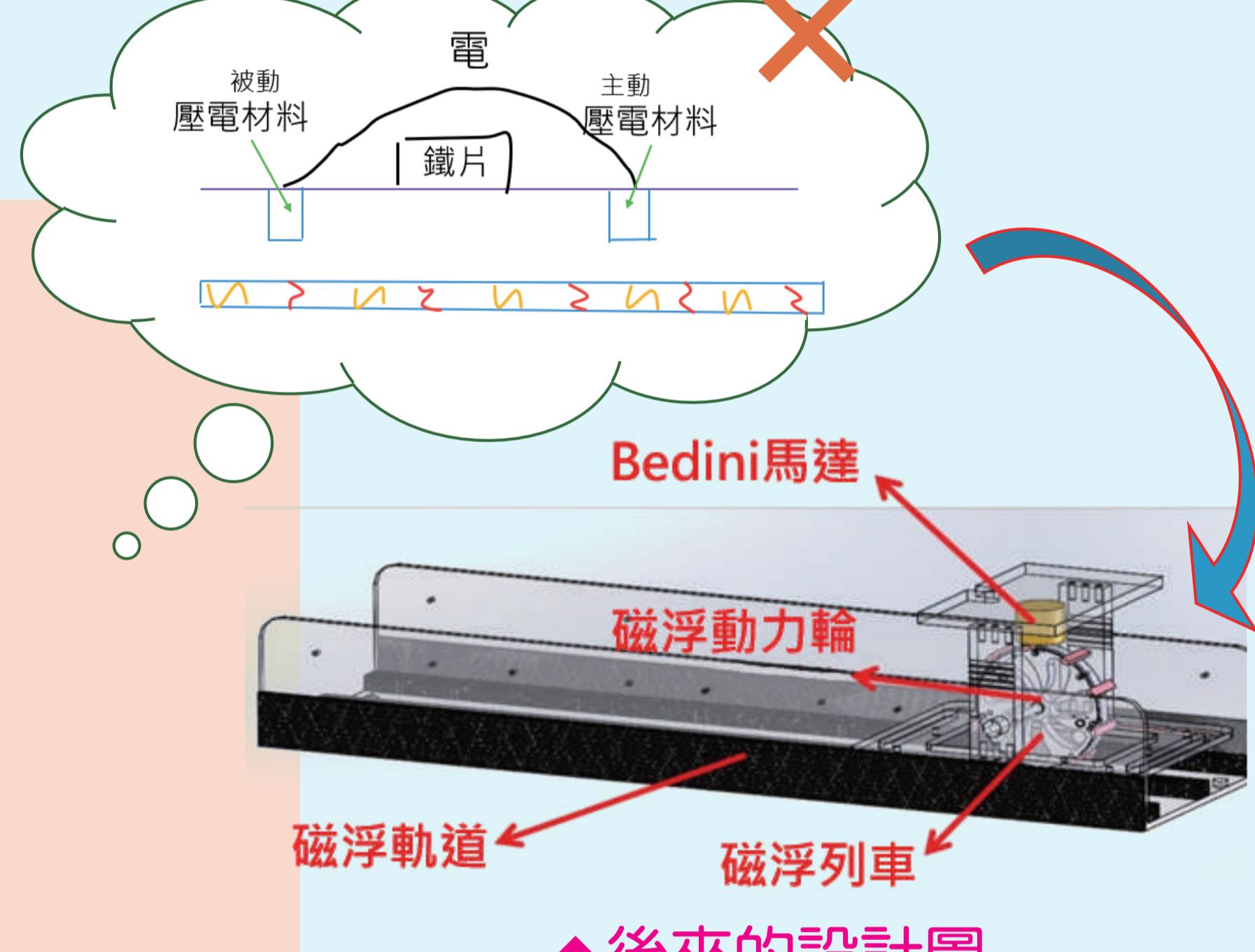
**減少晃動**



## 貳、研究過程和方法

**車體模型設計**

體模型材料：輕量材料(壓克力板)。  
設計：Oneshape Student軟體。  
構想：納入壓電模組，但受限於技術與成本，暫未實現後續待擴展應用。



**馬達整體設計**

馬達組成部分：1. 電池(或電源)  
2. 線圈  
3. 轉子  
4. 磁鐵  
5. 開關電路

工作原理：

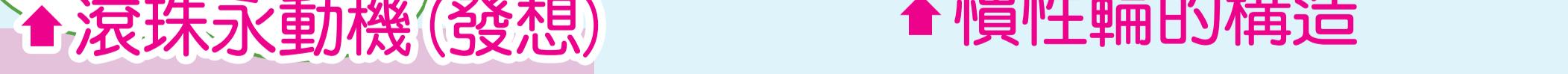
- 啟動階段：通電產生磁場推動轉子。
- 自動開關電路運作：電路斷開後轉子靠慣性運轉。
- 能量回收機制：磁場切換產生反向電動勢，可充電或點亮LED。



**慣性滾珠系統**

發想：源自「滾珠永動機」的設計概念，雖然無法達成真正的永動，但產生的慣性效應可有效強化動能輸出，進而提升磁浮車系統的能源效率。

動力輪內讓滾珠移動的軌道，是利用「最速降線」(Brachistochrone curve)設計而成，為物體在重力下從一點滑至另一點所需時間最短的曲線，使滾珠在最短時間內釋放最大動能。



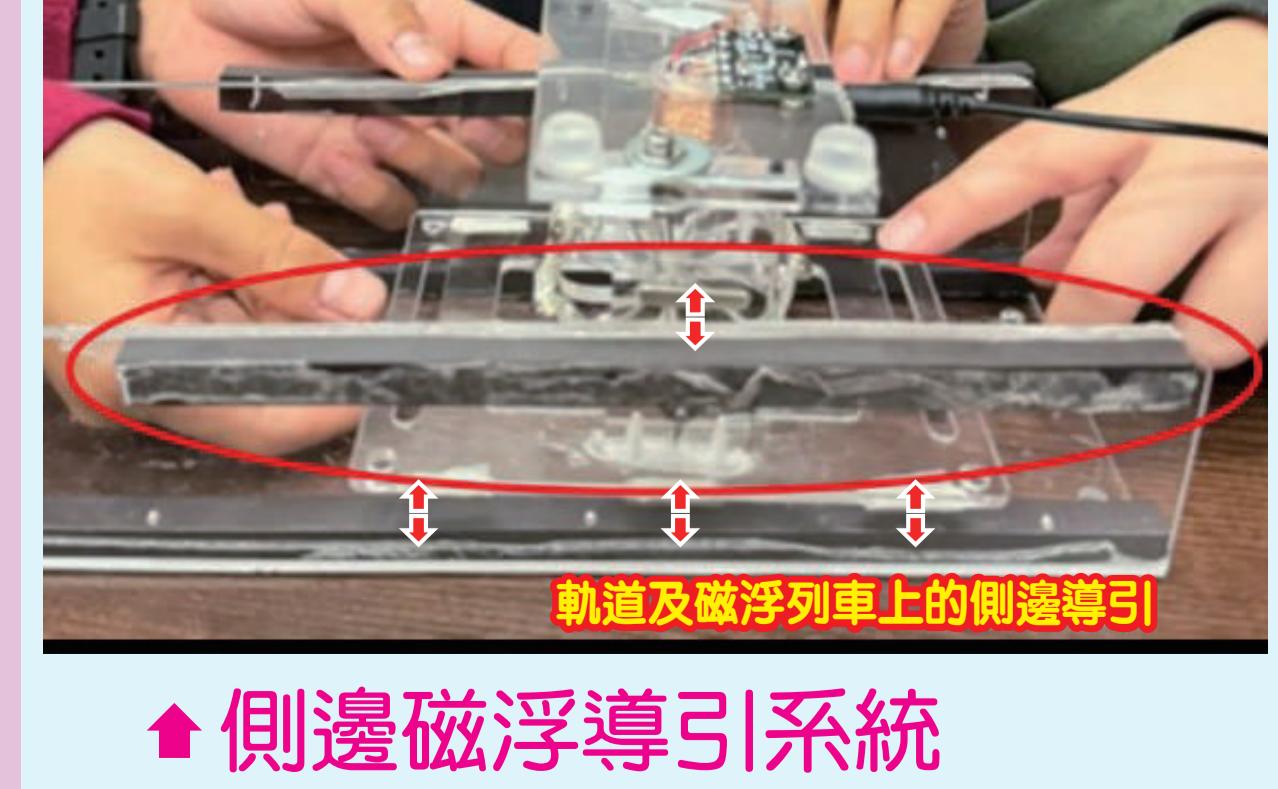
**側邊磁浮導引**

傳統的解決方案：

多著眼於更換材料或調整結構形狀，但改善幅度有限。

我們的創新設計：

我們使用側邊磁浮導引系統，在列車的兩側與底部安裝磁鐵，與軌道上的磁鐵相斥，減少列車與軌道間的接觸，從而提高運行穩定性。



## 參、 研究結果

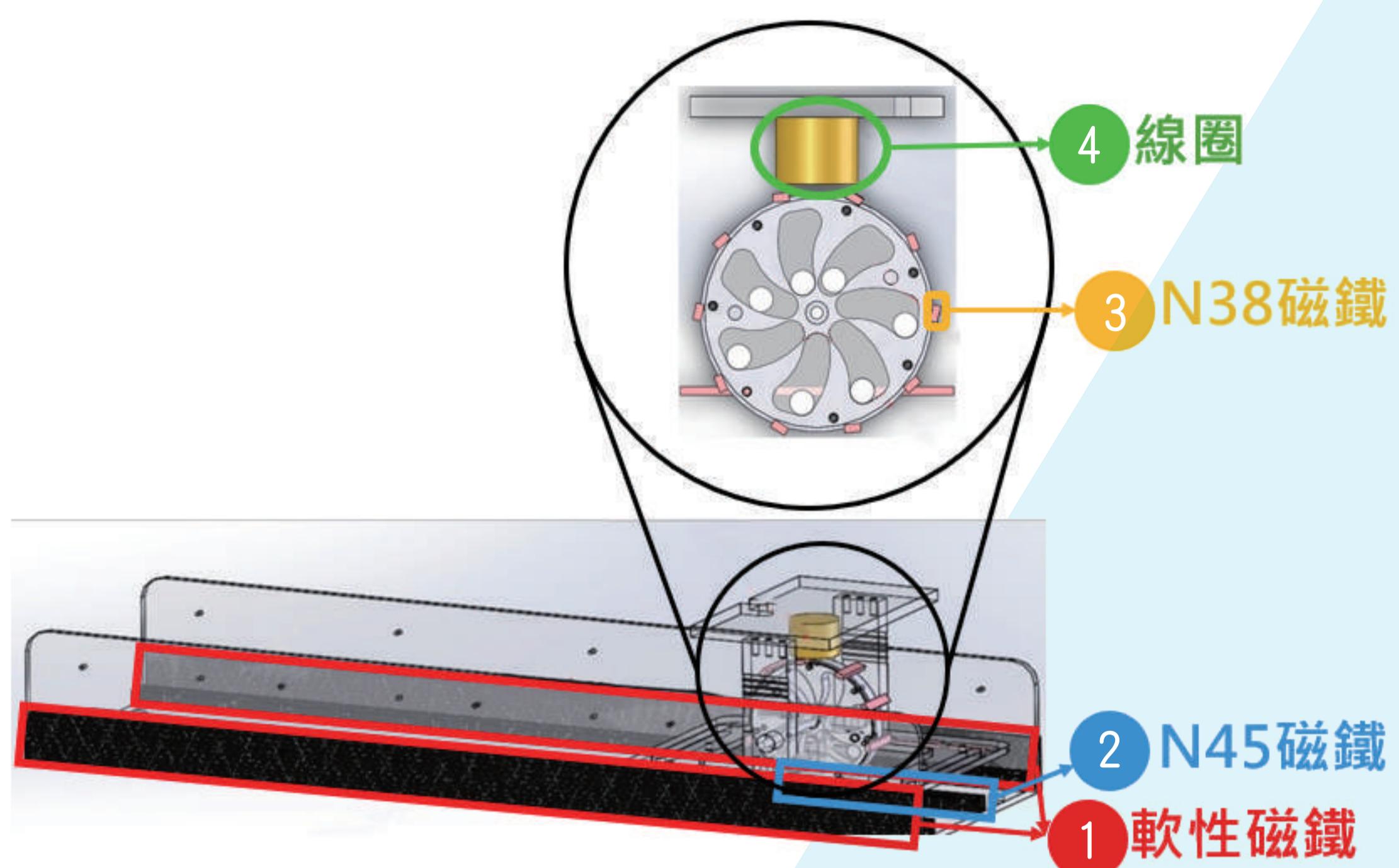
為驗證本研究所設計之磁浮動力輪在節能與穩定性方面的效能，我們設計了一些實驗。每個實驗我們都重複十五次的測試，以確保數據的準確性與代表性。

1. **能量回收**：量測回收的電壓和LED的照度，證明有省電的效果。
2. **滾珠系統**：探討在不同材質的滾珠作用下的差異。
3. **磁浮導引**：觀察列車在有無側邊磁浮導引的穩定性與阻力。
4. **負重影響**：測量在不同負重的情況下的行駛距離。
5. **磁鐵數量**：實測底部有不同數量的磁鐵時的浮起高度及穩定性。
6. **磁鐵角度**：討論動力輪上的磁鐵角度搭配不同數量的磁鐵的推進距離和穩定性。

為精確掌握系統磁力參數，實驗前使用高斯計進行磁場強度測量，結果如下：

- ① **軟性磁鐵** (400mm×10mm×5mm, 軌道用)：磁場強度530G
- ② **N45磁鐵** (50mm×8mm×3mm, 提供斥力推動)：磁場強度2600G
- ③ **N38磁鐵** (20mm×4mm×2mm, 車體及輪用)：磁場強度2200G
- ④ **線圈** (0.35mm線徑, 450圈, Bedini馬達)：磁場強度210G

上述磁力數據提供系統優化的重要參考，使後續之設計調整更具科學依據。

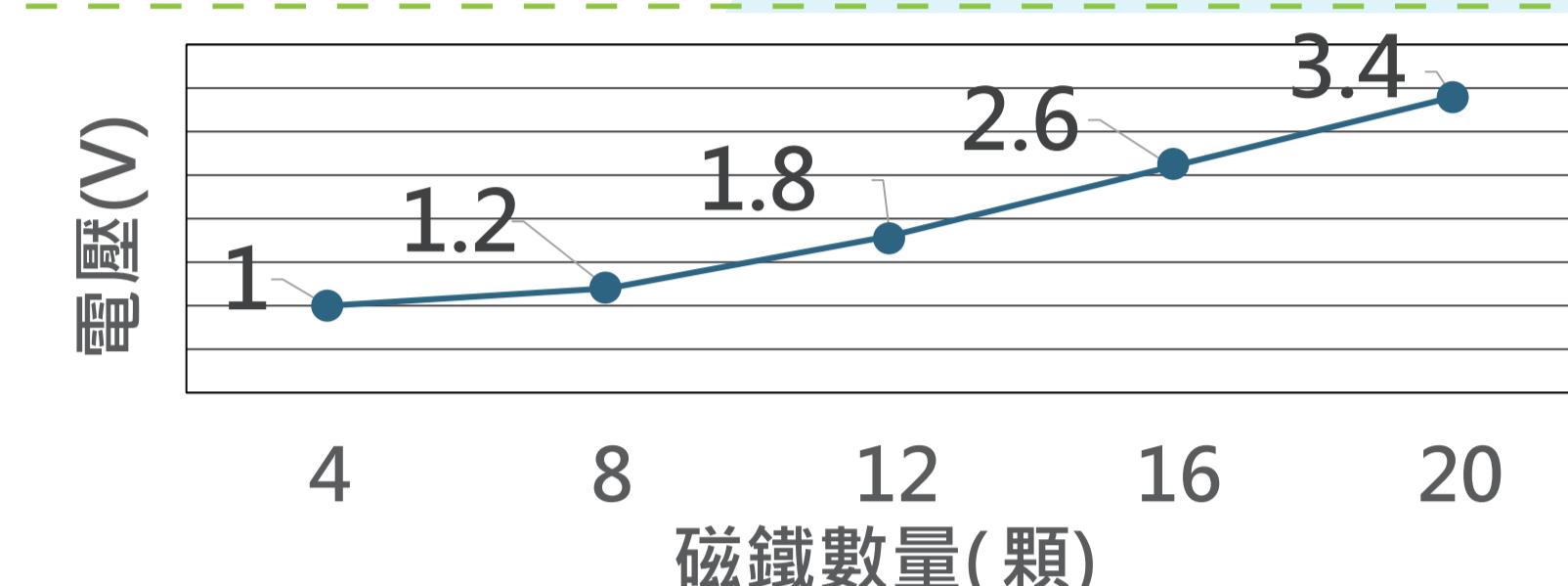


### 一、Bedini馬達的能量回收測試

實驗目的：我們透過改變慣性輪上磁鐵的數量來量測電壓和光亮度，希望能讓Bedini馬達的動能最大化。

#### (一) 電壓與磁鐵數量關係

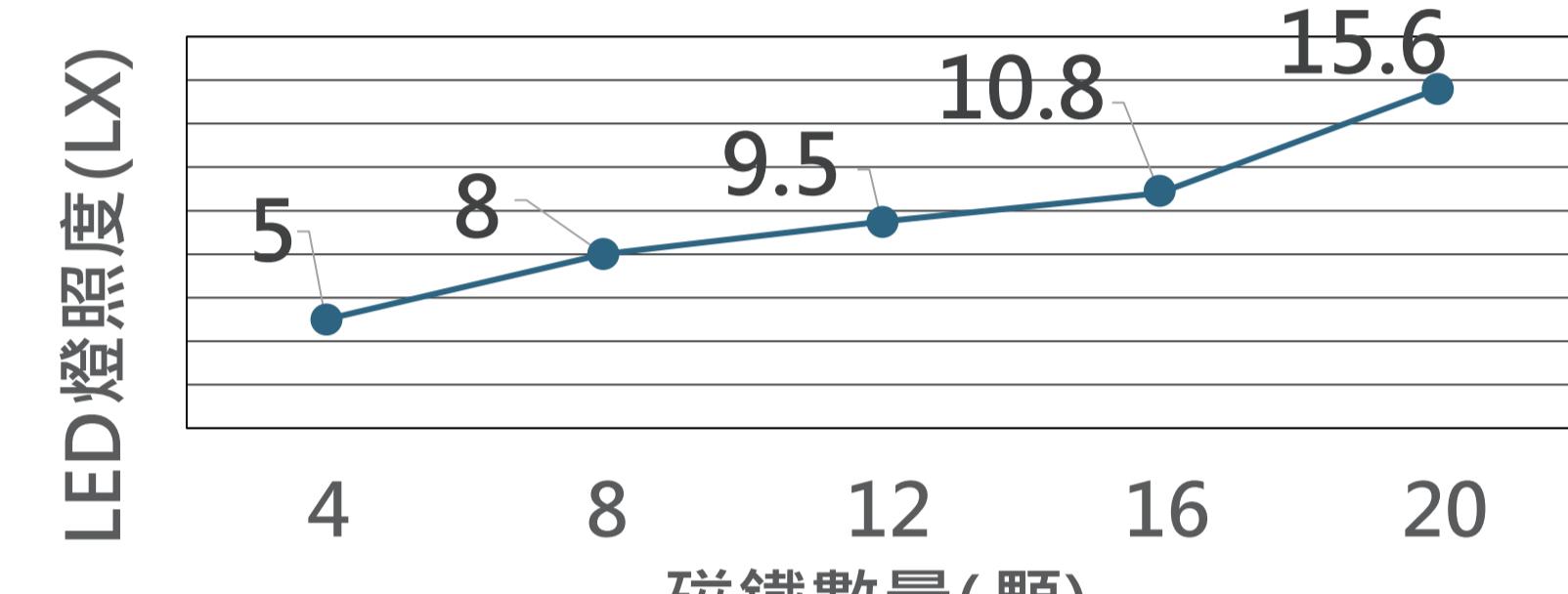
1. 實驗方法：調整磁浮動力輪上磁鐵的數量，使用電壓計來測量回收電能的電壓。每組實驗以30秒為單位，記錄輸出電壓變化。
2. 結果與分析：隨磁鐵數量增加，Bedini馬達輸出電壓呈上升趨勢，顯示能量回收效率提升。



▲ 磁鐵數量與回收電壓圖  
(動力輪上的磁鐵越多，馬達回收電力的電壓就越高)

#### (二) 光亮度與磁鐵數量關係

1. 實驗方法：調整磁浮動力輪上磁鐵的數量，使用照度計來測量回收電能LED的發光強度。每組實驗以30秒為單位，記錄輸出照度變化。
2. 結果與分析：LED發光亮度亦隨磁鐵數量提升而增強，與電壓變化趨勢一致，進一步驗證能量回收效益。



▲ 磁鐵數量與LED亮度圖  
(動力輪上的磁鐵越多，馬達回收電能讓LED的亮度越亮)

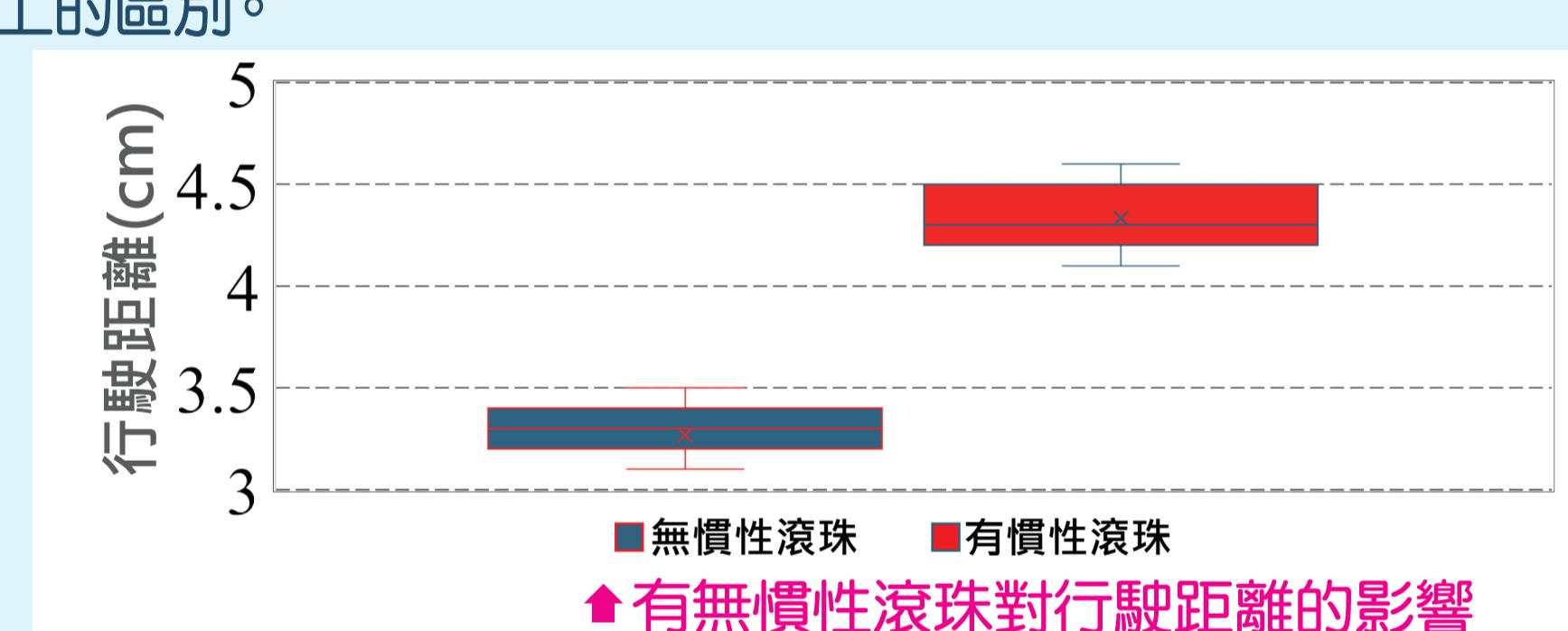
若整合儲能裝置，所回收之電能可用於延長列車續航距離與時間，顯著提升系統能源效率。

### 二、慣性滾珠系統測試

實驗目的：我們在慣性輪內加入滾珠，來比較行駛距離的差別，並比較不同的滾珠在行駛距離和慣性輪的轉速上的區別。

#### (一) 慣性滾珠對行駛距離的影響

1. 實驗方法：安裝直徑6mm的玻璃滾珠於列車內部，並比較裝設前後的行駛距離變化。
2. 結果與分析：使用慣性滾珠後，行駛距離由3.24cm提升至4.28 cm，提升約31.7%。此顯示滾珠產生的動能能有效輔助列車前進，增強動力效能。



▲ 有無慣性滾珠對行駛距離的影響  
(有放慣性滾珠的比沒放慣性滾珠的距離還長)

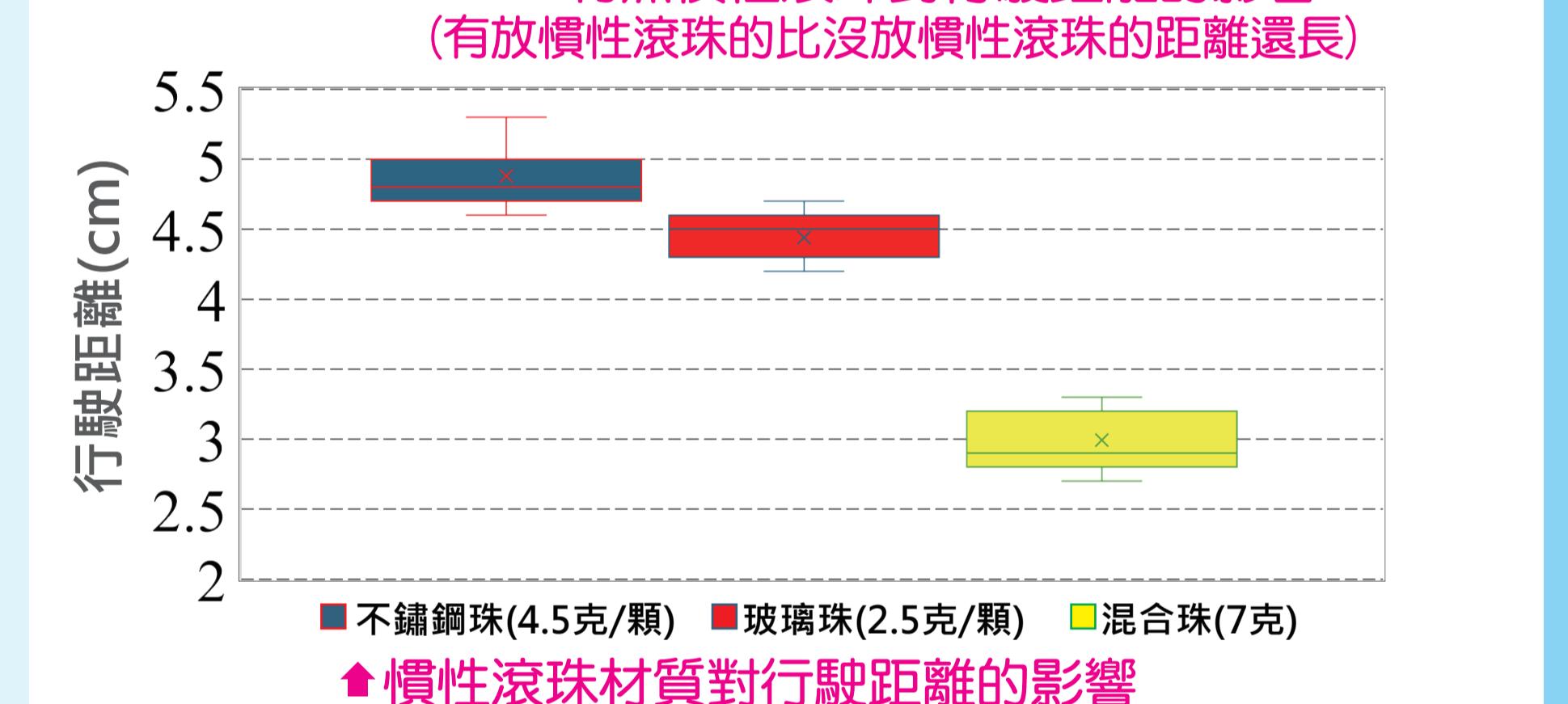
#### (二) 慢性滾珠材質對行駛距離的影響

1. 實驗方法：比較相同直徑(6mm)下，玻璃珠(4.5克/顆)、不鏽鋼珠(2.5克/顆)及其混合材質(兩個放在一起，共7克)對行駛距離的影響，實驗重複15次取平均值並作圖。

#### 2. 結果與分析：

- (1) 不鏽鋼珠表現最佳，其質量大，產生更大的慣性推力。
- (2) 玻璃珠其次，但仍有明顯動能補助效果。
- (3) 混合材質效果最差，因其總質量過高，反而形成負載，降低推動效率。

該結果顯示系統中滾珠的質量與動能平衡極為關鍵。



▲ 慢性滾珠材質對行駛距離的影響  
(不鏽鋼珠跟玻璃珠的行駛距離接近，但混合珠的行駛距離明顯低不少)

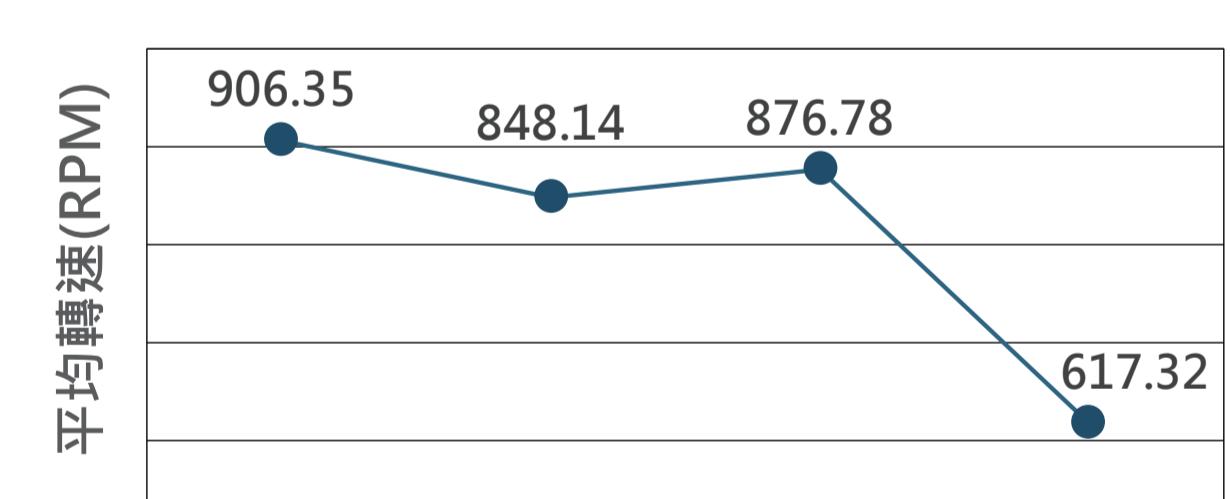
#### (三) 慢性滾珠對慣性輪轉速的影響

1. 實驗方法：先在慣性輪上貼上反光貼紙，再利用轉速計分別測量有沒有滾珠和滾珠材質的轉速，並比較差異，並做成圖表。

#### 2. 結果與分析：

- (1) 沒有滾珠時轉速最快，可能重量較輕，不會受到滾珠重量所影響。
- (2) 其次是單種材質的滾珠，轉速穩定，顯示在摩擦力與質量之間取得良好的平衡。
- (3) 最慢是混合滾珠，可能是因為兩顆滾珠會互相影響，所以導致旋轉的速度最慢。

轉速越快，代表著感應電流就會越多，電流越多，表示可以回收的電力就越多，就能達到節能的效果，所以在這方面是沒有滾珠的儲電效率會比較高。



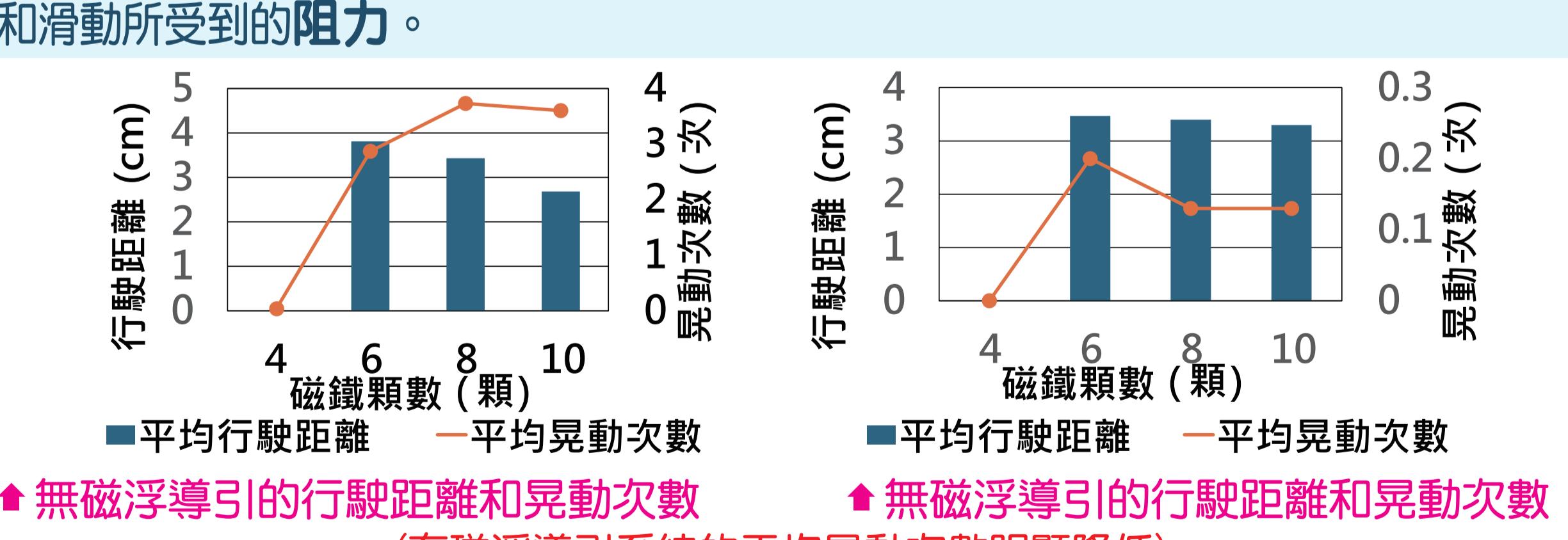
▲ 慢性滾珠材質對轉速的影響  
(在沒有滾珠和單顆滾珠時的轉速比兩顆滾珠還高)

### 三、側邊磁浮導引系統測試

實驗目的：我們將列車軌道上安裝側邊的磁浮導引，並觀察跟沒有磁浮導引的比較其穩定性和滑動所受到的阻力。

#### (一) 側邊磁浮導引系統對穩定性的影響

1. 實驗方法：以攝影紀錄列車行駛過程，觀察車體晃動次數的變化。(分別在車體底部安裝4、6、8、10顆磁鐵)
2. 結果與分析：在安裝側邊磁浮導引後，除了四顆磁鐵在測試時，會因為磁力太小，或是車體太重的關係吸在軌道上，其他的列車晃動次數都有明顯減少，穩定性都有所提升。



▲ 無磁浮導引的行駛距離和晃動次數  
(有磁浮導引系統的平均晃動次數明顯降低)

#### (二) 滑動阻力測試

1. 實驗方法：使用推拉力計測量列車在軌道上滑動所需的推力值。(以底部六顆磁鐵為例)
2. 結果與分析：無側邊導引的平均滑動阻力為12.2g，有側邊導引的平均滑動阻力下降至10.2g，大約下降了16.4%的滑動阻力，顯示磁浮導引系統能產生穩定的排斥力，有助於減少摩擦與穩定列車行駛。

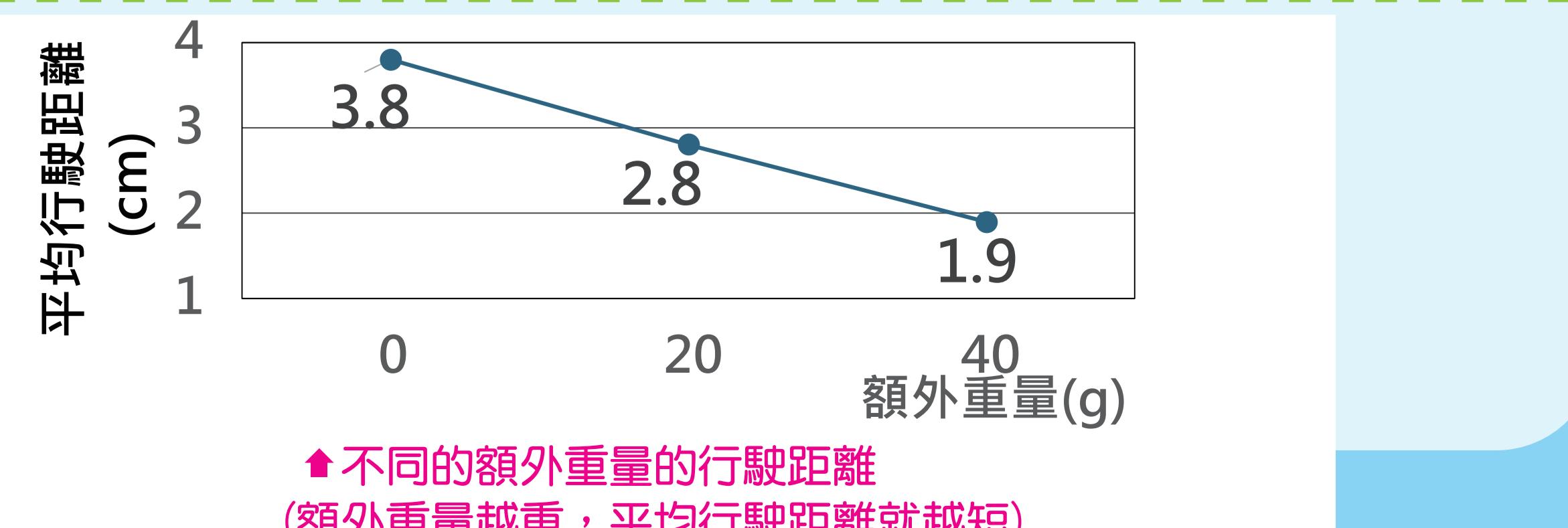
▲ 有無磁浮導引的阻力大小  
(有磁浮導引的滑動阻力略小)

### 四、負重對行駛距離的影響

實驗目的：我們把列車上面增加一些額外重量，去測量列車的行駛距離。

#### (一) 負重對行駛距離的影響

1. 實驗方法：增加列車重量，觀察行駛距離變化。
2. 結果與分析：列車變重後，行駛距離減少。



▲ 不同的額外重量的行駛距離  
(額外重量越重，平均行駛距離就越短)

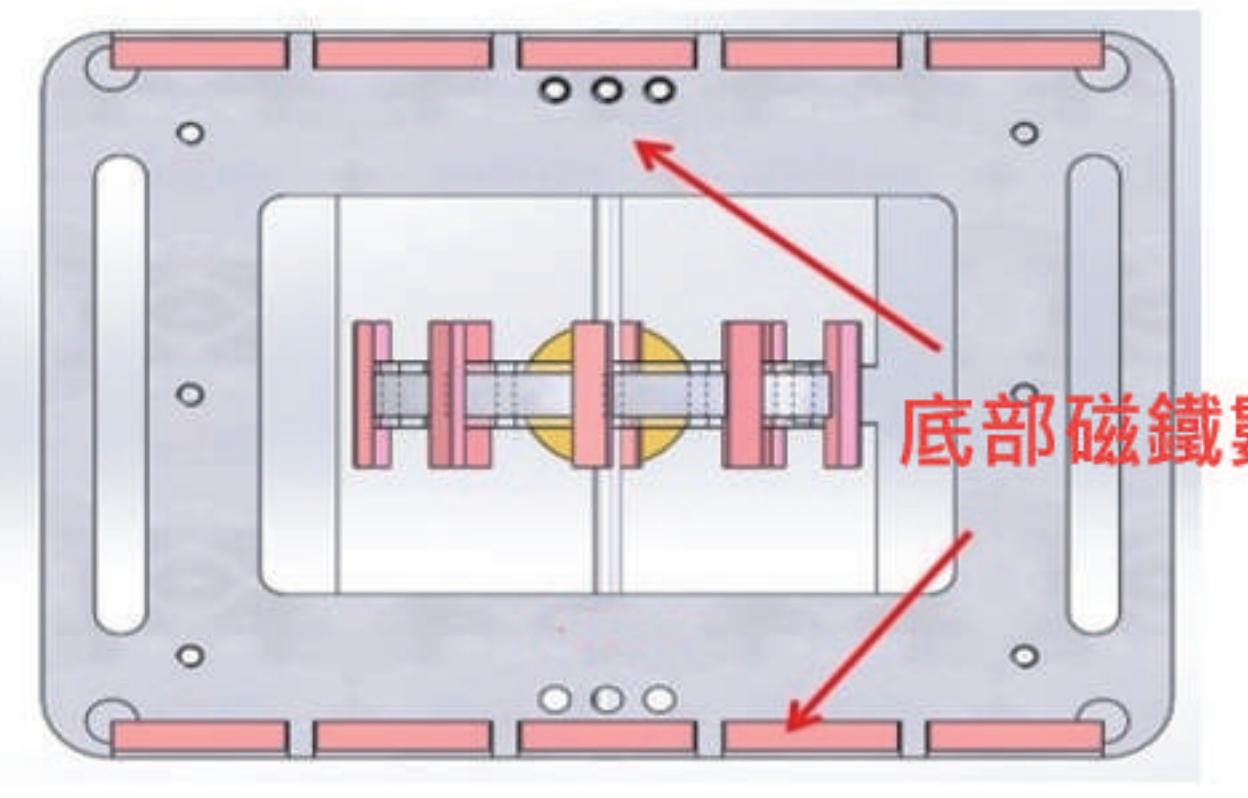
## 五、磁浮車磁鐵配置實驗

實驗目的：透過改變列車底部磁鐵的數量，來觀察它在軌道上浮起的高度和推進的距離。

### (一)底部磁鐵的數量和浮起高度的關係

1. 實驗方法：將列車底部磁鐵分別換成4、6、8、10顆，觀察車體在軌道的浮起高度。

2. 結果與分析：受磁力影響，4顆磁鐵時，在軌道上的浮起高度最低；10顆磁鐵時，在軌道上的浮起高度最高。

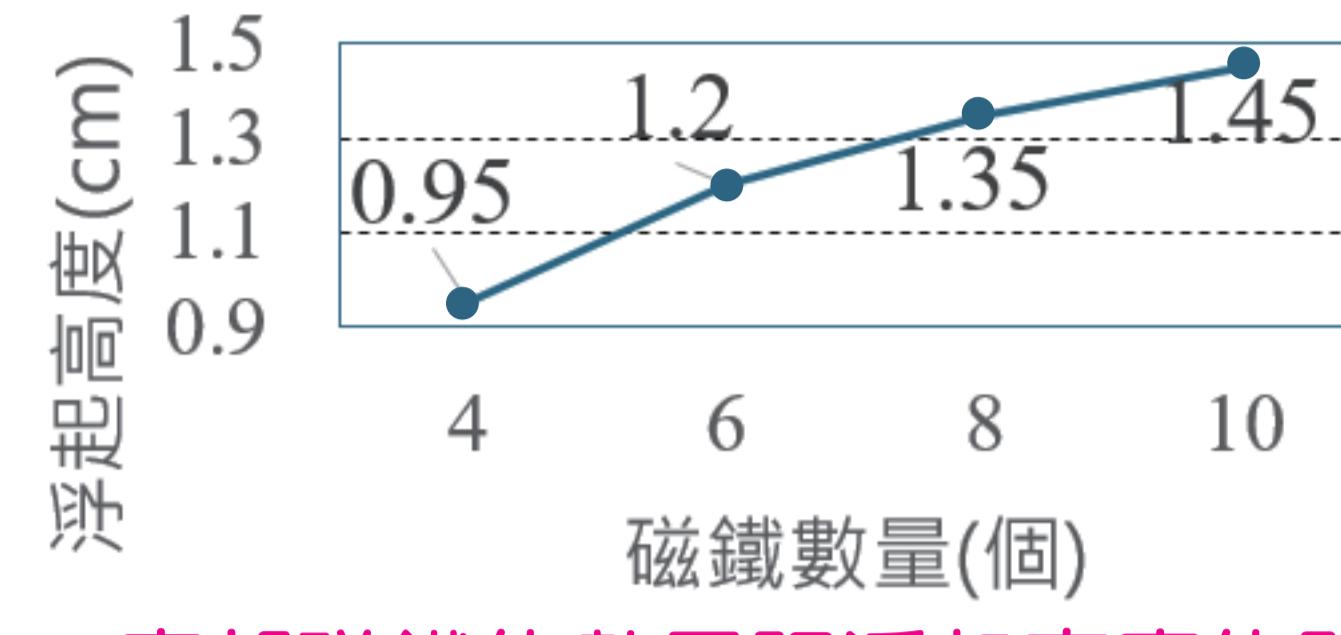


↑ 底部磁鐵的數量示意圖

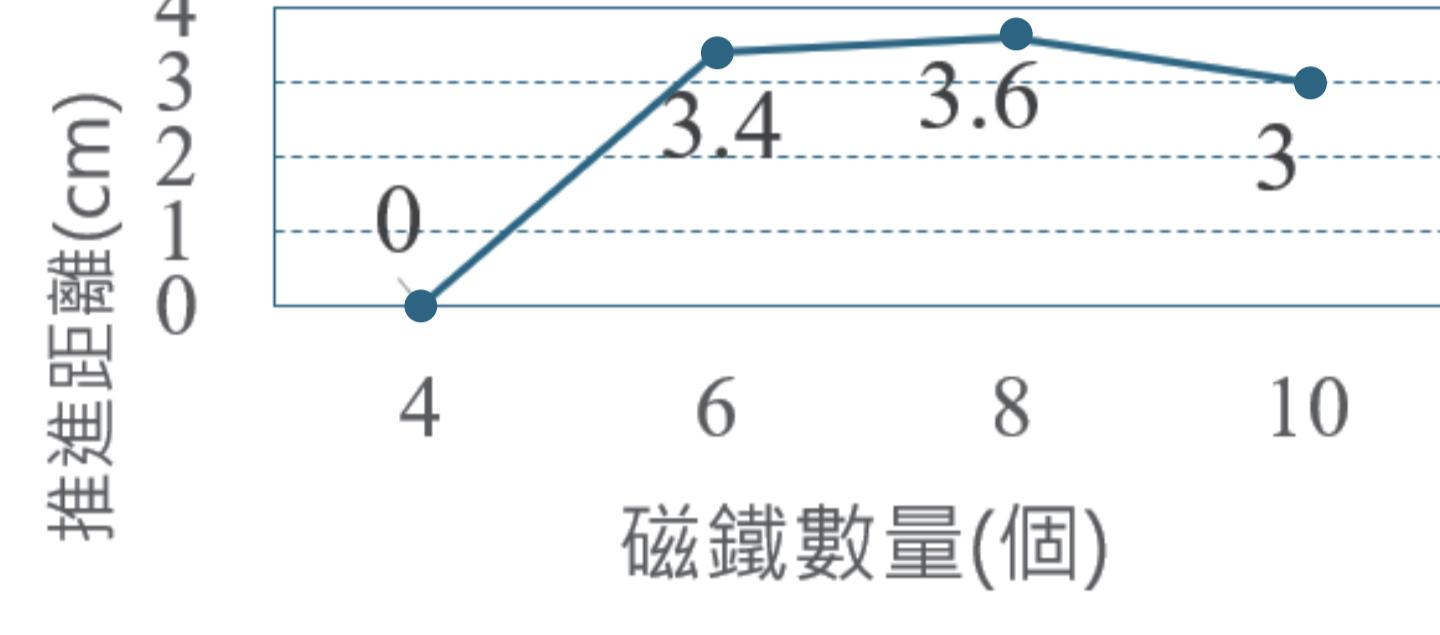
1. 實驗方法：將列車底部磁鐵分別換成4、6、8、10顆，觀察車體在軌道的行駛距離。

### 2. 結果與分析：

- (1) 在底部4顆磁鐵到8顆磁鐵時穩定上升，但10顆比8顆磁鐵略低。
- (2) 在4顆磁鐵時，可能因為磁力不夠或列車重量太重，導致列車吸在軌道上。
- (3) 在10顆磁鐵時，推測應該是車子浮起太高，所以讓動力輪離推進的磁鐵太遠，導致推進距離變短。



↑ 底部磁鐵的數量跟浮起高度的關係  
(磁鐵越多浮起越高)

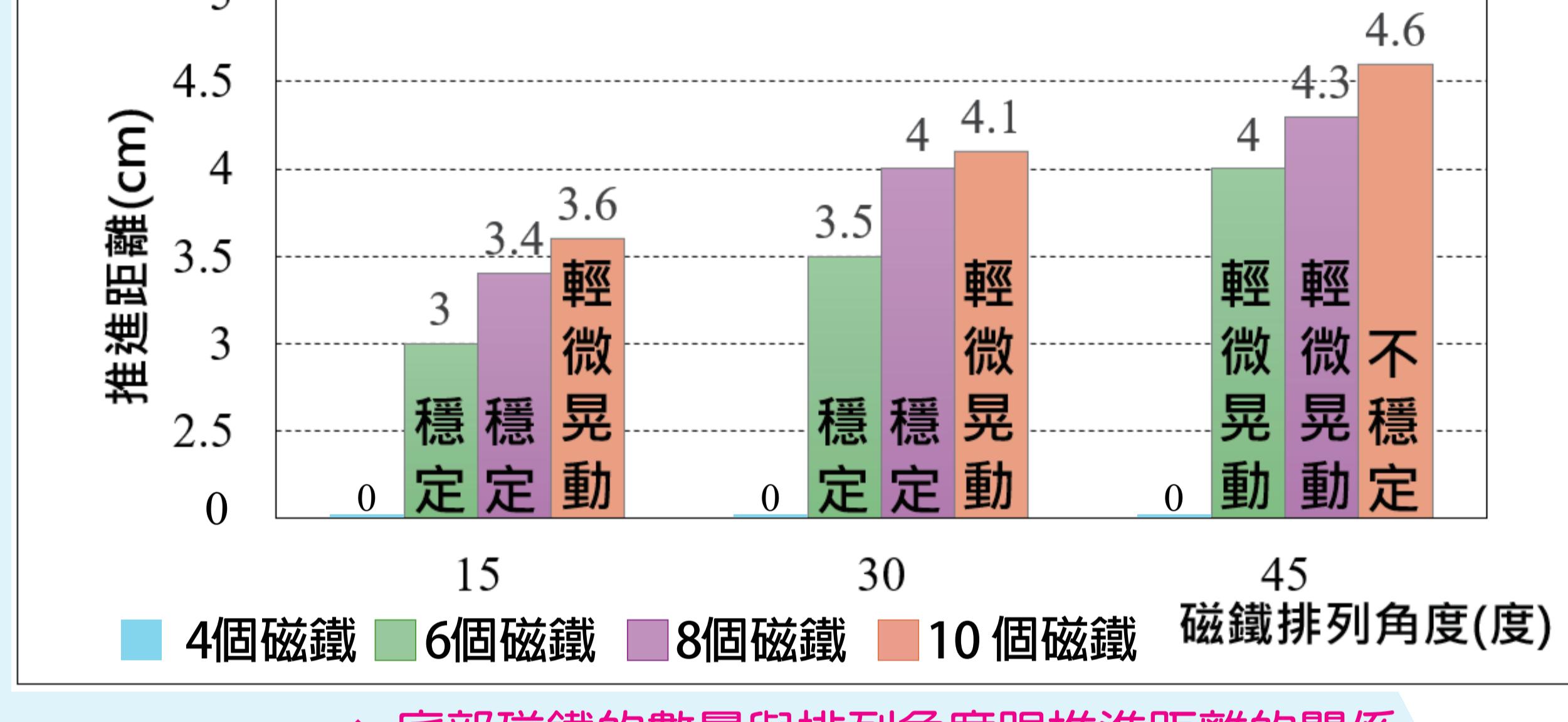


↑ 底部磁鐵的數量跟推進距離的關係  
(底部磁鐵在8個時，推進距離最長)

## 六、磁浮動力輪推進力實驗

實驗目的：結合磁鐵在動力輪上排列的角度和列車底部磁鐵的數量，紀錄推進距離和穩定性，來找出最優化條件。

1. 實驗方法：將磁鐵在動力輪上排列的角度(15、30、45度)，和底部磁鐵(4、6、8、10顆)，組合12種測試。



↑ 底部磁鐵的數量與排列角度跟推進距離的關係  
(角度30度且底部磁鐵在8或10個時，推進距離和穩定性都有比較好的表現)



↑ 動力輪上的磁鐵角度示意圖

穩定性我們定義：  
晃動次數2次以下：穩定  
晃動次數2~4次：輕微晃動  
晃動次數4次以上：不穩定

### 2. 結果與分析：

- (1) 當底部磁鐵數量增加時，推進距離也會跟著增加。
- (2) 磁鐵的排列角度在45度的時候，雖然行駛距離相較於其他兩個角度的還遠，但比較不穩定。
- (3) 磁鐵的排列角度在30度的時候，距離雖然沒有45度角來的好，但運動的穩定性是比較好的。

如果想追求最遠距離，磁鐵排列角度45度+10顆磁鐵是最遠的，但要解決穩定性的問題；

如果想追求在穩定的前提之下的最遠距離，磁鐵排列30度+8或10顆磁鐵是最理想的設計。

## 肆、結論

### 一、創新設計特色

Bedini馬達電能回收，可提升續航力  
慣性滾珠提供動能，減少耗電  
側邊磁浮導引提升穩定性與安全性

### 二、節能環保效益

減少碳排放與能源損耗  
適用於智慧交通、無人工廠、智慧倉儲

### 三、應用潛力

磁浮巴士與智慧交通系統  
AGV與自動化物流倉儲

半導體無塵室搬運系統

### 四、未來改進方向

提升Bedini馬達與導引系統效能  
使用輕量化材料提升速度與續航  
結合可再生能源與智慧能源管理  
探索無線充電技術，實現邊跑邊充

### 五、我們的夢想

持續研發磁浮技術與機電整合系統  
打造綠色交通與智慧城市  
與全世界科學家一起努力創造未來

## 伍、參考文獻資料

- Bedini, J. (2008). The Bedini motor and the future of energy. Bedini Energy Technologies.
- 洪萬生(主編). (2024). 數之軌跡IV：再度邁向顛峰的數學。三民書局股份有限公司。
- 新竹市第四十屆中小學科學展覽會. (n.d.). 動磁！動磁！磁浮列車！  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080803.pdf>
- 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會. (n.d.). 科學展覽會論文.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080803.pdf>
- 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會. (n.d.). 科學展覽會論文.  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-032814.pdf>
- 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會. (n.d.). 作品說明書：揭密「磁浮列車」。  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-032912.pdf>
- 中華民國第 42 屆中小學科學展覽會. (n.d.). 磁浮列車飛得快。  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/c/1/080123.pdf>
- 國立臺灣科學教育館. (n.d.). 嘩！磁浮列車。  
<https://www.ntsec.edu.tw/liveSupply/detail.aspx?cat=6829&cat=6844&p=1&id=8238>
- YouTube. (2023, May 10). 嘩！磁浮列車 [Video]. YouTube.  
[https://youtu.be/m6rMP5SpxLE?si=u\\_0pt0qa81rU6dLm](https://youtu.be/m6rMP5SpxLE?si=u_0pt0qa81rU6dLm)
- YouTube. (2023, May 10). B4C2 2 4螺旋線圈電流磁效應(均一教育平台) [Video]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=C3V78M0pTWO>
- 網易號. (2023年11月13日). 永動機能否真正實現？它們違反了能量守恒定律和熱力學定律。網易新聞。  
<https://www.163.com/dy/article/IJE023VC0521F500.html>
- 科学中的幻想與現實. (2024年3月24日). 永動機能否真正實現？知乎專欄。  
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/704036607>