

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：惰惰逼能——惰輪數量與傳遞功率效能探究

一、摘要

本實驗探討了利用 VEX IQ 機器人執行實驗，探求不同數量的惰輪對於動力傳遞效率影響。實驗設計中，透過驅動齒輪啟動鏈條，使其移動距離達到 50 公分，並記錄完成所需的時間。結果揭示：隨著惰輪數量的增加，完成任務所需時間亦隨之延長，且此一關係在數學上呈現出線型函數的特性。值得注意的是，僅使用鏈條而不配合惰輪時，所耗費的時間竟然比使用少於四個惰輪還要少。因此，本報告最終得出一個重要結論：惰輪數量與動力傳遞效率之間存在負相關性，而直接使用鏈條則展現出更高的效率。

二、探究題目與動機

在準備 2023-2024 年度的 VEX IQ 機器人競賽過程中，我們設計的機器人動力系統中涉及將數個銜接的齒輪置於輸入動力源之主動齒輪與輸出端之驅動齒輪間，這些介入的齒輪被稱作「惰輪」。惰輪在傳動系統中扮演功率傳遞的角色，理論上並不改變原始設定下的齒輪比例關係。然而，經由觀察與分析後發現，隨惰輪數量增加，驅動齒輪所能展現的馬力與扭力卻有顯著衰減。此一發現揭示出惰輪數目於功率傳遞效率上可能存在負面影響，引發了我們對於探究惰輪個數與傳遞功率效能間相關性的興趣。

三、探究目的與假設

- (一) 探究目的：探討不同數量的惰輪對於傳遞功率效能影響的關係。
- (二) 探究假設：為了探究不同數量的惰輪對於傳動功率效能所產生影響的關係，我們使用驅動齒輪，以轉動一段固定長度的鏈條，並測量出所需耗費的時間。考量到惰輪數目在功率傳遞效率上可能存在負面影響，我們提出假設：惰輪的數量增多，將會導致所需時間相應延長，且此二者之間存在著線型函數關係。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗器材

這個實驗主要使用 VEX IQ 機器人的零件，並透過 iPad 來計時、紀錄資料以及分析數據。具體各種器材的功能與用途，詳見表 1。

表 1：實驗器材用途說明

類別	器材名稱	器材用途
硬體	智能主機	機器人的核心，可儲存程式。
	VEX 智能馬達	提供驅動力，每分鐘轉速可達 120 轉。
	IQ 齒輪 (36 齒)	本次實驗的操縱變因。
	鏈條 (50 公分)	主要目的在於驅動馬達轉動該鏈條，以了解功率轉換的效率。
	搖控器	啟動與停止馬達。
	iPad 平板	用來計時的工具。
軟體	Vex Code IQ	編寫程式來控制馬達的啟動和停止，以及馬達轉向的方向。
	Excel	記錄及分析數據資料

(二) 實驗方法

在確定研究目標和問題之後，透過文獻探討得知，惰輪對於齒輪的傳動比並不會產生任何影響 (鄭劍春，2017)。而關於功率傳遞效能的相關討論卻相對較少。因此，決定著手探究並確立整個探究流程，如所示於圖 1。

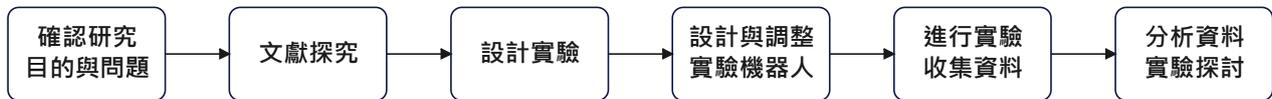


圖 1：探究流程圖

為了評估功率傳遞效率，實驗設計選擇使用驅動齒輪轉動鏈條的方式，並記錄推移 50 公分所需的時間。為了方便觀察，我們在鏈條上以紅筆劃出起點和終點 (如圖 2)。為了避免鏈條與惰輪之間的接觸，我們在驅動齒輪位置選用了複合齒輪的裝配方式，以確保整個鏈條在實驗過程中順暢地在平滑桌面上移動。此外還巧妙利用直尺作為隔擋，有效防止鏈條的偏離其本來的軌道。整個實驗裝置詳如圖 3。同時，透過程式設定，使智能馬達在馬力和扭力方面均可達到 100% 輸出，以確保實驗的準確性。在進行實驗時，我們堅守著一致的分工模式。搖控器的操作、計時器的操控、鏈條的歸位，以及實驗數據的記錄均由相同人員負責。這樣的作法旨在降低人為因素對結果造成的影響。總結以上所述，將本實驗的控制變因、操作變因及應變變因整理歸納於表 2 中。

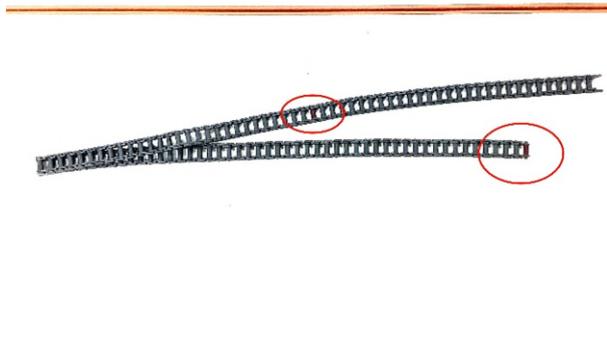


圖 2：標注起點與終點鏈條

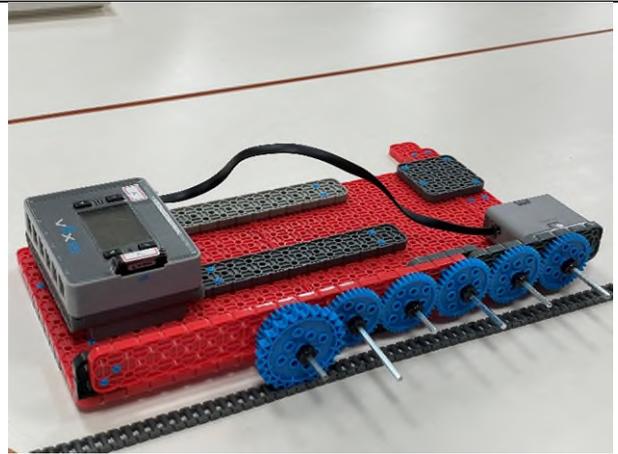


圖 3：實驗裝置

表 2：實驗變因整理表

控	制	變	因	操	作	變	因	應	變	變	因
1.	智能馬達馬力與扭力 100%輸出			惰輪個數				鏈條移動 50 公分所需時間			
2.	鏈條畫出起點與終點，便於觀察										
3.	鏈條長度 50 公分										
4.	鏈條在光滑桌面移動										
5.	直尺隔擋防止鏈條偏離										
6.	一致性的分工										

(三) 實驗結果

在實驗中，我們記錄了每個惰輪在移動 50 公分鏈條時所耗費的時間，範圍從 0 到 6 個惰輪。每個惰輪數據都連續測量了 10 次，然後將這些數據整理成表 3。隨後運用 Excel 軟件計算不同惰輪數量的平均時間和標準差，發現平均時間介於 4.139 秒至 4.364 秒之間。當惰輪數量從 2 增加到 6 時，所需時間呈現明顯上升趨勢。透過折線圖（見圖 4），清晰展示不同惰輪數量對應的平均時間變化，有助於深入觀察和分析。同時利用 Excel 軟體計算出惰輪數量與所需時間之間的相關係數為 0.521，表示兩者屬中度相關性。

表 3：不同惰輪個數移動 50 公分鏈條所需要時間記錄表 (單位：秒)

惰輪個數 實驗序號	0	1	2	3	4	5	6
1	4.24	4.11	3.95	4.09	4.1	4.3	4.53
2	4.07	4.32	4.26	4.4	4.15	4.25	4.27
3	4.26	4.15	4.36	4.14	4.32	4.26	4.2
4	4.22	4.15	4.11	4.32	4.51	4.42	4.41
5	4.17	4.05	4.26	4.12	4.13	4.3	4.41
6	4.1	4.26	4.32	4.2	4.11	4.31	4.32
7	4.17	4.2	4.03	4.09	4.2	4.3	4.41
8	4.32	4.22	4	4.3	4.29	4.31	4.16
9	3.96	4.15	3.98	4.08	4.27	4.33	4.35
10	4.14	4.08	4.12	4.21	4.37	4.22	4.58
平均	4.165	4.169	4.139	4.195	4.245	4.3	4.364
標準差	0.1041633	0.082523	0.150662	0.111977	0.132351	0.053748	0.13335

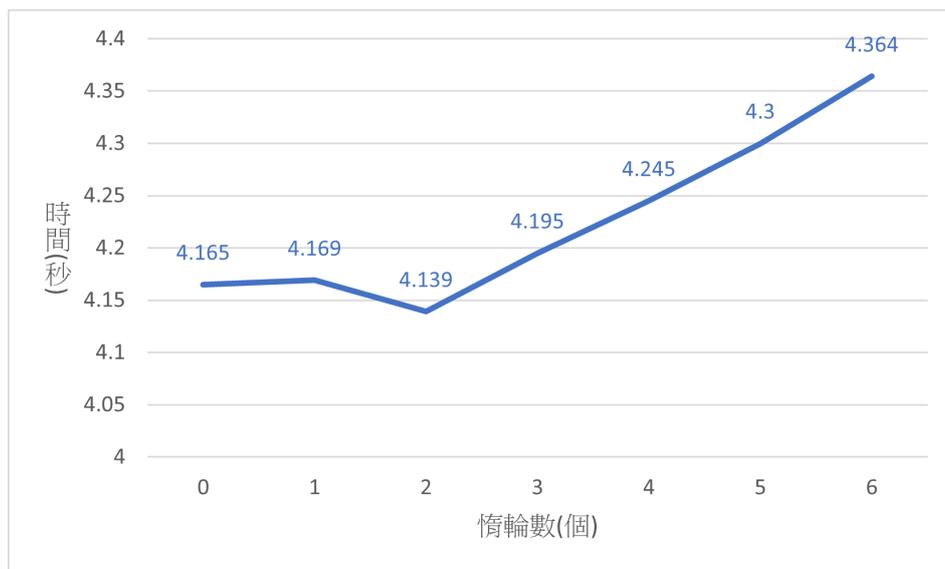


圖 4：不同惰輪個數所需平均時間折線圖

(四) 實驗探討

從折線圖中，我們可以清楚觀察到惰輪數量由 2 個增加到 6 個的演變過程，近乎呈現出一條直線的趨勢，通過數值分析發現每多一個惰輪，平均所需時間會增加 0.06 秒。因此得出了這個線型函數關係式： $y = f(x) = 0.06x + 4.02$ (這裡 x 代表惰輪數量， y 代表平均時間)。在實驗過程中，當 0 個或 1 個惰輪未呈現相符的趨勢，我們推測可能是由於實驗初期操作不熟練所導致的誤差。

為了降低增加惰輪數所帶來的不良影響，我們進行了一項實驗。該實驗將 6 個惰輪改為以鏈條帶動驅動齒輪，測量了兩種設置所需的時間並進行比較。結果發現，在表 4 中顯示平均時間從 4.364 秒下降至 4.191 秒。通過使用 Excel 軟體進行變異數分析，我們發現 P 值為 0.002，表明兩種配置之間存在顯著差異。

表 4：不同連接方式移動 50 公分鏈條所需要時間記錄表（單位：秒）

實驗序號 \ 連接方式	6 個惰輪	鏈條
1	4.53	4.22
2	4.27	4.15
3	4.2	4.08
4	4.41	4.2
5	4.41	4.2
6	4.32	4.25
7	4.41	4.32
8	4.16	4.21
9	4.35	4.19
10	4.58	4.09
平均	4.364	4.191
標準差	0.13335	0.071251

五、結論與生活應用

（一）實驗結論

- 根據實驗資料顯示，平均時間與惰輪數量之間呈現線型函數關係，可用 $y = f(x) = 0.06x + 4.02$ 來描述（此處 x 代表惰輪數量， y 代表平均時間）。換言之，隨著惰輪數目的增加，所需時間也隨之延長。這表示著在功率傳遞效能方面，多個惰輪會對系統產生負面影響。
- 在探討減少惰輪對系統的不良影響時，我們進行了一項實驗，以鏈條取代惰輪後計算所需的平均時間。結果顯示有顯著的減少，因此可以推斷使用鏈條替代惰輪有助於降低功率傳遞效能上的損耗。

（二）生活應用

在日常生活中，我們經常會遇到各種機械裝置或儀器，它們內部精巧地設計著一系列齒輪來實現運轉。考量到惰輪所具有的反向旋轉功能，以及尚需實驗確認鏈條取代惰輪的實際效能情形，建議在主動齒輪與驅動齒輪之間只需 1、2 個惰輪裝置時可以考慮使用；而若這兩者之間距離過長，則建議採用鏈條連接方式，以降低功率傳遞效率上的損耗。

參考資料

1. VEX IQ - VEX Robotics. (2024). Retrieved April 1, 2024, from <https://www.vexrobotics.com/iq>
2. 周偉謨、沈育如 (2021)。 *VEX IQ 機器人基礎篇：進入 VEX Robotics 的世界* (第2版)。新北市：碩亞數碼科技有限公司。
3. 鄭劍春 (2017)。 *VEX IQ 機器人結構設計*。北京：清華大學。
4. 維基百科：傳動帶 (2023年11月10日)。2024年4月1日取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%82%B3%E5%8B%95%E5%B8%B6>
5. 聽過不一定見過，惰輪、同步帶輪是幹什麼的 (2023年6月25日)。2024年4月1日取自 <https://youtu.be/Mvaqha3cgbU?si=A3zQPIZB11gj5Umm>