

高雄市高英高級工商職業學校

Kao Ying Industrial Commercial Vocational High School

教師行動研究（專題製作）報告



杯子不會搖

老師姓名：_____陳俊宏_____老師

科 別：_____汽車科_____

中 華 民 國 101 年 07 月

中文摘要

陀螺儀常應用於定位系統裝置之上，常見於飛行器、航海船舶、手機定位、GPS定位。主要原理系應用角動量守恆原理。

陀螺儀廣泛應用於飛行器、航海船舶之上，因角動量守恆原理，陀螺儀始終保時平衡，不因外在環境參數改變而產生變異。其定軸性 (inertia or rigidity)、逆動性 (precession)，係使陀螺儀定向之重要原理。

陀螺儀極具平衡效果，本專題將陀螺儀設計成飲料置物架，透過角動量守恆原理，使置物架內物品，不因外在因數而產生晃動，以達到平衡效果。

目 錄

中文摘要.....	i
目錄.....	ii
表目錄.....	iii
圖目錄.....	iv
壹、前言.....	01
一、研究（製作）製作動機.....	01
二、研究（製作）目的.....	01
三、研究（製作）架構.....	02
四、研究（製作）預期成效.....	03
貳、理論探討.....	04
一、陀螺儀簡介.....	03
二、定軸性.....	04
三、逆動性.....	04
參、專題研究（製作）過程或方法.....	05
一、研究（製作）設備及器材.....	06
二、研究（製作）方法與步驟.....	07
三、研究（製作）製作.....	07
肆、研究（製作）成果.....	10
伍、研究（製作）結論與建議.....	12
一、結論.....	12
二、建議.....	12
參考文獻.....	13

表 目 錄

表 1 製作使用儀器（軟體）設備.....	05
表 2 製作使用材料名稱.....	06

圖 目 錄

圖 1	製作步驟架構圖.....	02
圖 2	PVC 管鑽孔	07
圖 3	PVC 管鑽孔	07
圖 4	陀螺儀模型組裝.....	08
圖 5	陀螺儀模型組裝.....	08
圖 6	PVC 組合螺栓	09
圖 7	PVC 組合螺栓	09
圖 8	四方鐵陀螺儀.....	09
圖 9	四方鐵陀螺儀成品(未置物).....	10
圖 10	四方鐵陀螺儀成品.....	11
圖 11	四方鐵陀螺儀成品.....	11
圖 12	四方鐵陀螺儀成品.....	11
圖 13	四方鐵陀螺儀成品.....	11

壹、前言

一、製作動機

車輛舒適度為車輛設計的一大考量，大多將行車安全與舒適度列為設計的主要範疇。現行車輛設計當中，尚無一款設計可完全抑制車輛行駛中所生的晃動，抑制晃動而使物品產生平衡。晃動抑制(sloshing suppression)可視為未來車輛設計一大突破，除提升舒適度外，更可應用於減少旅途中的疲憊與不適，進而改善車輛設計。

二、製作目的

本研究的目的是在於利用陀螺儀在晃動中之角動量守恆特性，對晃動抑制(sloshing suppression)中形成之定軸性 (inertia or rigidity)、逆動性 (precession)，使陀螺儀中的慣性平衡，抑制外在環境所產生的反向力，使陀螺儀產生平衡。

消除晃動保持平衡之設計，在機構中大多有所著墨，但陀螺儀機構，甚少被應用於車輛對於晃動抑制(sloshing suppression)中，本研究先製作一種可供置物架使用之陀螺儀，對理論值與實際值進行設計修正，以達到最佳設計效果，於置物架中放置一市售瓶裝水，測試陀螺儀機構是否對晃動抑制有所成效，並對理論值進行修正。

此研究為陀螺儀機構對於車輛設計應用之先行測試，未來將可應用於車用嬰兒車、消除液體載具(油罐車、消防車)表面沖激之反作用力、等機構應用。

三、製作架構

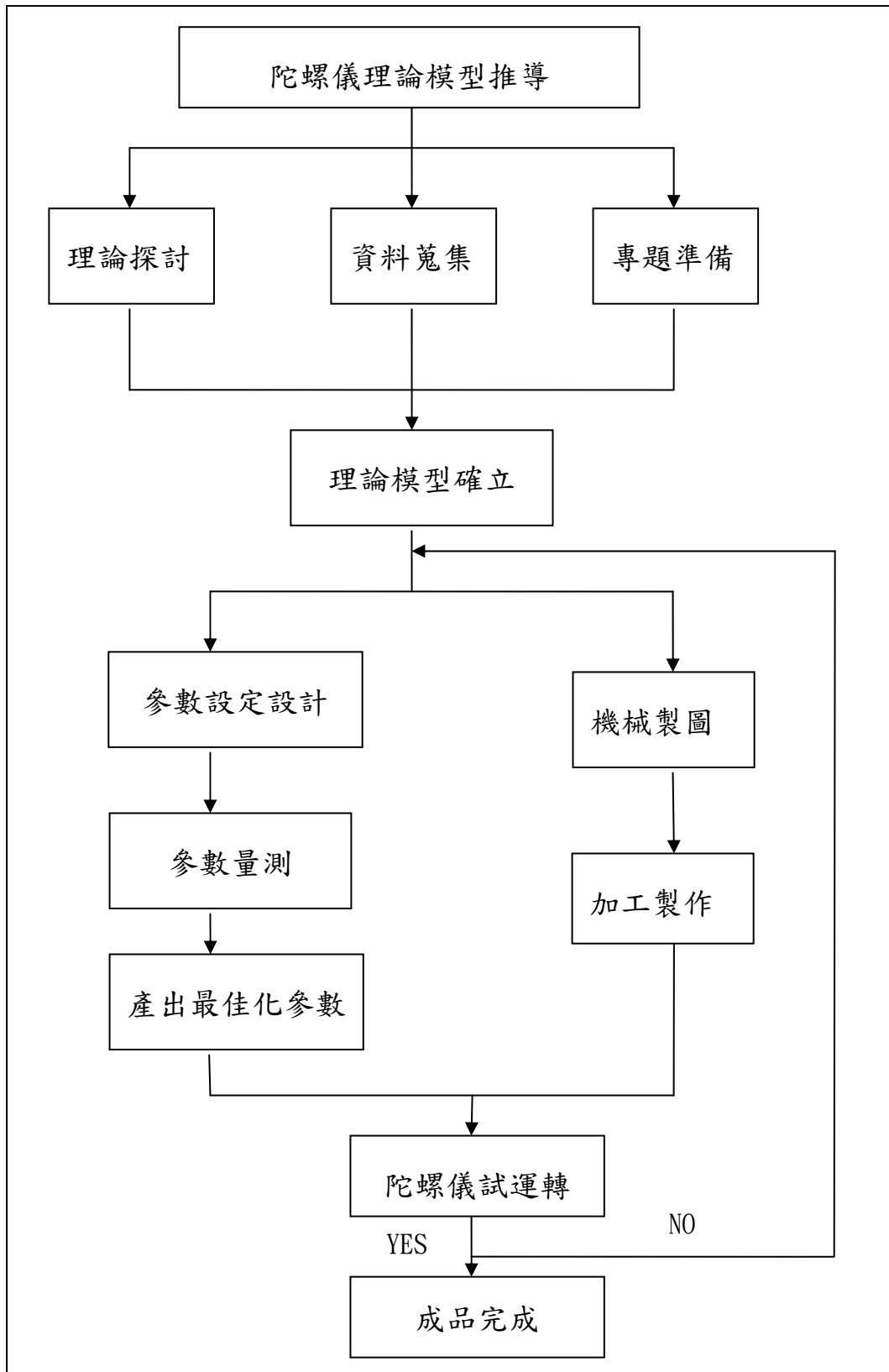


圖1 製作步驟架構圖

四、 預期成效

- (一) 找尋最佳陀螺儀設計
- (二) 證明陀螺儀理論模型是否正確
- (三) 求出理論值與實際值間的差異函數，並探討平衡陀螺儀是否可行

貳、理論探討

一、陀螺儀簡介

利用聲陀螺儀 (gyroscope)，是一種用來感測與維持方向的裝置，基於角動量守恆的理論設計出來的。陀螺儀主要是由一個位於軸心且可旋轉的輪子構成。陀螺儀一旦開始旋轉，由於輪子的角動量，陀螺儀有抗拒方向改變的趨向。陀螺儀多用於導航、定位等系統。

1850 年法國的物理學家萊昂·傅科 (J. Foucault) 為了研究地球自轉，首先發現高速轉動中的轉子 (rotor)，由於慣性作用它的旋轉軸永遠指向一固定方向，他用希臘文 gyro (旋轉) 和 skopein (看) 兩字合為 gyroscopei 一字來命名這種儀錶。陀螺儀的裝置，一直是航空和航海上航行姿態及速率等最方便實用的參考儀錶。

基本上陀螺儀是一種機械裝置，其主要部分是一個對旋轉軸以極高角速度旋轉的轉子，轉子裝在一支架內；在通過轉子中心軸 $XX1$ 上加一內環架，那麼陀螺儀就可環繞飛機兩軸作自由運動；然後，在內環架外加上一外環架；這個陀螺儀有兩個平衡環，可以環繞飛機三軸作自由運動，就是一個完整的太空陀螺儀 (space gyro)。陀螺儀被用在飛機飛行儀錶的心臟地位，是由於它的兩個基本特性：一為定軸性 (inertia or rigidity)，另一是逆動性 (precession)，這兩種特性都是建立在角動量守恆的原則下。

二、定軸性

當陀螺轉子以極高速度旋轉時，就產生了慣性，這慣性使得陀螺轉子的旋轉軸保持在空間，指向一個固定的方向，同時反抗任何改變轉子軸向的力量，這種物理現象稱為陀螺儀的定軸性或慣性。其慣性隨以下的物理量而改變：

- (一)、轉子質量愈大，慣性愈大
- (二)、轉子旋轉半徑愈大，慣性愈大
- (三)、轉子旋轉速度愈大，慣性愈大

三、逆動性

在運轉中的陀螺儀，如果外界施一作用或力矩在轉子旋轉軸上，則旋轉軸並不沿施力方向運動，而是順著轉子旋轉向前 90 度垂直施力方向運動，此現象即是逆動性。逆動性的大小也有三個影響的因素：

- (一)、外界作用力愈大，其逆動性也愈大
- (二)、轉子的質量慣性矩 (moment of inertia) 愈大，逆動性愈小
- (三)、轉子的角速度愈大，逆動性愈小

而逆動方向可根據逆動性原理取決於施力方向及轉子旋轉方向。

二、製作方法與步驟

本實驗可分為三個部分，第一部分為模型製作，先進行簡單的陀螺儀模型，併檢討可行性。第二部分為PVC管與金屬材料進行製作，探討材料的靈敏度，可成為適合陀螺儀的材料。第三部分則為成品製作，根據第一、二部分的數據，製作出成品。

三、專題製作

陀螺儀模型的製作，先由簡單材料(PVC管)進行製作(圖2、圖3)，研究陀螺儀理論，可否應用於生活上，一開始學生找到的PVC管為2英吋、2又1/2英吋、3英吋，由簡易螺栓所連結，模型製作初期，因陀螺儀加工精度必須準確，稍微偏差0.05mm，整顆陀螺儀便無法運轉，透由模型製作了解加工精度必須提升，才可使陀螺儀順利運轉(圖4、圖5)。



圖 2 PVC 管鑽孔



圖 3 PVC 管鑽孔



圖 4 陀螺儀模型組裝



圖 5 陀螺儀模型組裝

為了提升加工精度，選擇使用CNC鑽孔來進行材料切割與鑽孔。並研究不同材料所製作的陀螺儀，其靈敏度的不同，又以何種材質適合製作陀螺儀，可提升靈敏度。使用PVC管與高碳鋼四方鐵進行製作，PVC管的製作中，因塑膠材料的摩差阻力較大，使得陀螺儀之間的螺栓與塑膠產生較大的摩差阻力(圖6、圖7)，因PVC管的陀螺儀靈敏度較差，高碳鋼四方鐵，因材料中含有少許石墨，螺栓與孔徑之間的摩差阻力較小，使得陀螺儀靈敏度較佳。由試驗中得知，若要去除材料的因素，而減少磨差阻力，另可使用滾珠軸承，使得靈敏度達到最佳化，並免去因材料不同而產生靈敏度不一至之現象。



圖 6 PVC 組合螺栓



圖 7 PVC 組合螺栓

成品製作中，選擇靈活度較佳的高碳鋼四方鐵，並使用CNC加工，以提升精準度，於中心放至物品，透由試驗驗證，於陀螺儀中心所放置之物品，可免於外在因素的晃動，並有效抑制晃動的效果(圖8)。

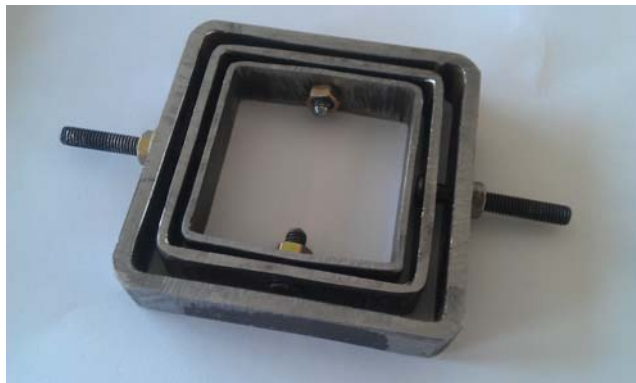


圖 8 四方鐵陀螺儀

肆、製作成果

模型製作確立，成品有良好的抑制晃動效果，將市售任何的瓶裝飲料，放置於陀螺儀中央，多有良好的效果，不管外在環境如何左右晃動，中央放置物品，皆不受環境因素改變而影響。



圖 9 四方鐵陀螺儀成品(未置物)



圖 10 四方鐵陀螺儀成品



圖 11 四方鐵陀螺儀成品



圖 12 四方鐵陀螺儀成品

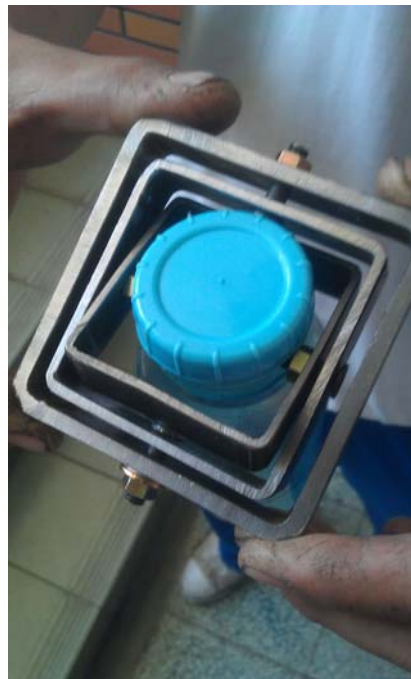


圖 13 四方鐵陀螺儀成品

伍、結論與建議

一、結論

由以上試驗得知，陀螺儀抑制晃動的效果，主要來自陀螺儀的靈敏度，本專題大部分時間再探討靈敏度對陀螺儀的影響，與如何提升靈敏度。且提升靈敏度最主要的關鍵在於陀螺儀的材料選用，不同的材料有不同的摩擦係數，此外加工法也是關鍵，加工誤差也會減少陀螺儀的靈敏度，亦會造成陀螺儀無法運轉。且連結方式也是關鍵，螺栓連接與滾珠軸承連接靈敏度亦有所不同，其中滾珠軸承連接最為靈敏。

二、建議

執行到目前的進度按原計畫大致相當，相符程度約達百分之百。但是為了瞭解靈敏度對各種陀螺儀抑制晃動之效果，實驗仍將持續進行。本研究成果可供欲利用陀螺儀進行抑制晃動，與車用陀螺儀機構相關技術提供重要的參考依據。

參考文獻

1. W. J. Hesse, N. V. S. Mumford Jr(1982) , “Jet Propulsion for Application”
2. E. H. J. Pallett, V. Brown, Aircraft Instruments Principles and Applications
3. J. Roskan, Airplane Flight Dynamics & Automatic Flight Controls, Part I
4. Audin, M. *Spinning Tops: A Course on Integrable Systems*. New York: Cambridge University Press, 1996.
5. E. Leimanis (1965). *The General Problem of the Motion of Coupled Rigid Bodies about a Fixed Point*. (Springer, New York).
6. Walter Wrigley, Walter M. Hollister, and William G. Denhard (1969). *Gyroscopic Theory, Design, and Instrumentation*. (MIT Press, Cambridge, MA).
7. Provatidis, C. G. (2012). Revisiting the Spinning Top, *International Journal of Materials and Mechanical Engineering*, Vol. 1, No. 4, pp. 71 – 88