

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會
作品說明書

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：只剩一張「嘴」~水火箭噴嘴對飛行直線穩定性探討

關鍵詞：水火箭、發射架、噴嘴

編號：A2021

只剩一張「嘴」~水火箭噴嘴對飛行直線穩定性探討

摘要

本研究利用寶特瓶製作水火箭，主要探究影響水火箭直線飛行的因素及提出如何有效控制的水火箭製作方法。

參考相關水火箭製作方法，經由實際製作及發射後討論，設計簡易且可有效控制製作水火箭彈體直性線及尾翼組裝方法流程及注意事項分享；藉由發射飛行過程影片慢動作播放發現，水火箭的轉向是發生在噴水後水、氣一起噴出時發生偏向且沿偏轉方向直線飛行，經由討論後發現，如果是水火箭彈體及尾翼因素影響偏向，偏轉後應持續偏轉繞圈飛行，不應是偏轉後直線飛行，因此認為發生偏向的主要因素應該是市售噴嘴問題。在仔細觀察噴嘴內部時發現大部分噴嘴孔有不規則形狀情況；經由整平噴嘴內部後再進行發射，直線飛性率提高非常多，大大提升發射成功率。

壹、 研究動機

在去年 5 月間，學校操場忽然出現水火箭的發射，打探下才知道學校有參加全國水火箭比賽，看參加比賽的同學們在教室自己製作水火箭並發射，感覺好興奮，很好玩的樣子，自己也很想親自體驗。

上學期學校社團成立飛行社，由社團活動介紹中得知是要玩水火箭、降落傘和手擲機，當然就約幾位好友一起參加飛行社。在社團中如願自己製作自己的水火箭，在水火箭的飛行過程中發現，水火箭常常會偏飛，甚至飛到樹上或是教室屋頂。

在跟老師討論過中發現，影響水火箭飛行的因素好多，例如：水火箭組裝是否直線沒有歪斜、尾翼組裝的角度、尾翼組裝平均分配、火箭重心位置、裝水量的多寡、打氣壓力大小、、、非常多。

因為全國水火箭比賽規則是採特定區域落點計分的比賽，距離方面可以藉由改變打氣壓力、發射角度、重心及水量來控制飛行距離，只要水火箭能直線飛行，進入特定範圍區得分機率就會增加很多；但是，亂飛就芭比 Q 了!!! 完全無法進入目標區，所以我們針對主要影響直線飛行因素來進行探究並進行水火箭的改良。

★與課程相關單元：自然與生活科技三上第三單元看不見的空氣(康軒版)

自然與生活科技三下第二單元水的奧秘(康軒版)

自然與生活科技三上單元 3 空氣(南一版)

自然與生活科技三下單元 2 奇妙的水(南一版)

自然與生活科技五下單元 4 力與運動(南一版)

貳、 研究目的

- 一、探討變因：水火箭製作組裝直度控制、尾翼分配及配重快速調整方式。
- 二、探討變因：連通多發射架等壓概念運用分享。
- 三、探討變因：噴嘴內部構造及影響飛行直線穩定性探究。
- 四、提供後續相關水火箭課題探究實驗中，控制變因的有效控制建議方案。

參、 研究設備及器材

一、水火箭製作材料：







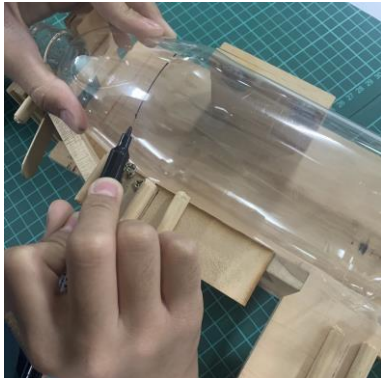
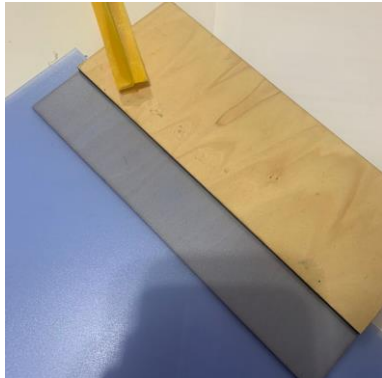
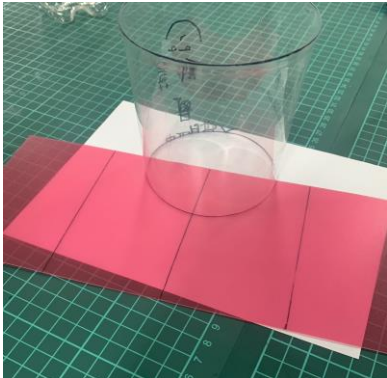


1250cc 寶特瓶 3 支、製作尾翼用膠片、PU 球或軟式網球、噴嘴、雙面膠、水電膠帶。

二、水火箭製作工具：

瓶身畫線版(自製)、尾翼摺痕畫痕版(自製)、尾翼固定位置樣板(自製) 裁切器(裁切尾翼片用)、剪刀、美工刀。

三、水火箭發射器材：

6 組連通水火箭發射架、打氣筒 1 支、水桶、量杯、漏斗

		
<p>1250cc 寶特瓶 3 支</p>	<p>製作尾翼用膠片</p>	<p>PU 球或軟式網球</p>
		
<p>噴嘴</p>	<p>雙面膠</p>	<p>水電膠帶</p>
		
<p>瓶身畫線版(自製)</p>	<p>尾翼摺痕畫痕版(自製)</p>	<p>尾翼固定位置樣板(自製)</p>
		
<p>裁切器</p>	<p>剪刀</p>	<p>美工刀</p>

		
6 組連通水火箭發射架	打氣筒 1 支	水桶
		
量杯	漏斗	

肆、 研究過程或方法

一、水火箭製作過程改良建議流程：


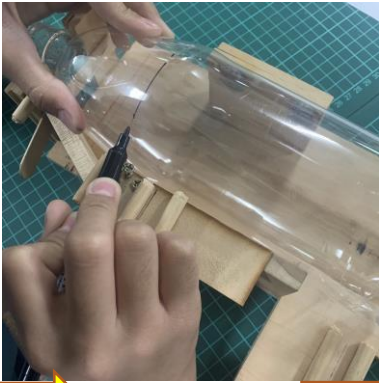

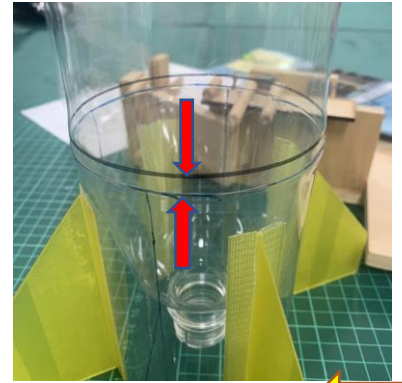


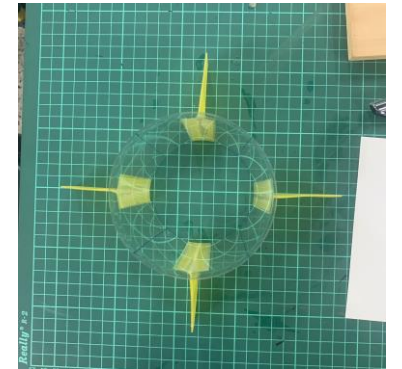
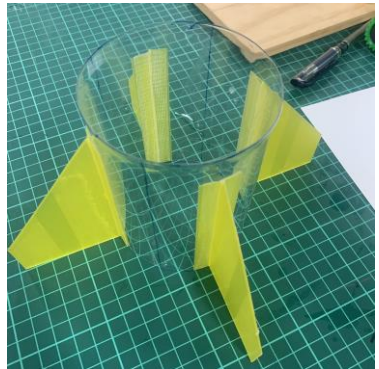
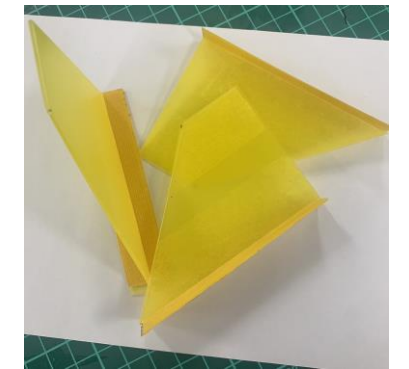
水火箭彈體直線性、尾翼組裝位置是否對稱一直是在水火箭製作中最難控制的，在觀賞一些製作影片教學及蒐集查看歷屆科展探討水火箭資料都只提到「由各角度觀察彈體，要注意彈體的直線性!!!」；「尾翼製作組裝要注意平均分配，放在切割墊上觀察……」，並沒有詳細提到要如何有效控制。

水火箭彈體直線性、尾翼組裝位置是否對稱是水火箭相關實驗中最難控制的變因，如果控制變因無法有效控制，對於實驗結果的真實性將產生無法預期的影響。所以我們將我們製作水火箭的控制直線及尾翼位置控制的方法分享，這樣在同一個實驗中製作的水火箭互相間的差異就會減少，減少實驗的誤差。

另外，在觀察去年全國水火箭比賽校隊製作的水火箭彈頭用一顆紅色的 PU 球，在跟校隊同學分享後得知、放置紅色 PU 球的目的是要配重並且保護彈頭避免水火箭損

壞，而且比市售 PU 水火箭彈頭便宜耐用。我們在測試幾次後發現使用 PU 球彈頭要在實驗過程中調整配重有些困難，經討論後，我們發現軟式網球一樣有保護彈頭避免水火箭損壞的功能，而且可以使用針筒注射水到球體內調整配重，方便又快速，所以就使用軟式網球當彈頭進行實驗。

水火箭製作流程及注意事項：

		
<p>取 3 支 1250cc 寶特瓶，並確認要製作：燃料氣室、彈頭尾翼套、加長彈體的瓶子。</p>	<p>確認切割畫線點後用穩定物品墊高到所需高度畫線(本研究需製作大量水火箭所以自製一個瓶身畫線板快速製作)</p>	<p>沿所畫切割線邊裁剪所需彈體部位，務必保留所畫的線條，不可剪除，<u>該線條是後續組裝的校準線。</u></p>
		
<p>進行彈體組裝，觀察所畫彈體部件之線條，兩線重疊或平行即可確認彈體直線。</p>	<p>依據瓶身周長數據，自製尾翼尾翼固定位置樣板可快速進行尾翼黏貼固定尾翼。</p>	<p>裁剪所設計尾翼片樣式，並利用自製畫痕板畫出摺痕並摺出黏貼面。</p>
		

二、發射架改裝連通等壓多發射架：

一開始進行科展探究實驗時，我們在進行相關資料閱讀及討論如何進行實驗過程中，老師提到我們要進行將近 200 次的發射，要用打氣筒打氣打氣 200 多次，會很累人的；對於國小生的我們是很大的負擔，於是向老師要求看有沒有機車行的打氣機，老師說我們學校沒有空壓機，並問我們有沒方法可以減少打氣次數，但是不能減少試驗次數；於是大家七嘴八舌中，一位同學提出說：「可不可以連結很多發射架一次打氣發射，這樣就可以減少打氣次數了!」。老師聽了後非常高興說：老師就是希望你們可以這樣經由發表、討論並找到解決問題的方法，這就是我們所要學習的。

於是老師就再購買了 6 個發射架還有連接管，在我們量產水火箭完成後，繼續進行加工發射架組裝，組裝非常容易，都是使用快速接頭。在我們量產火箭完成後進行測試非常成功，而且每一隻水火箭的壓力都一樣，提高壓力控制變因的控制，讓我們在進行其他變因探討時準確性更高。而且只要打氣不到 30 次即可。



照片一、水火箭發射架



照片二、6 組連通水火箭發射架

三、市售噴嘴及改良後噴嘴對發射飛行直線穩定性探討：

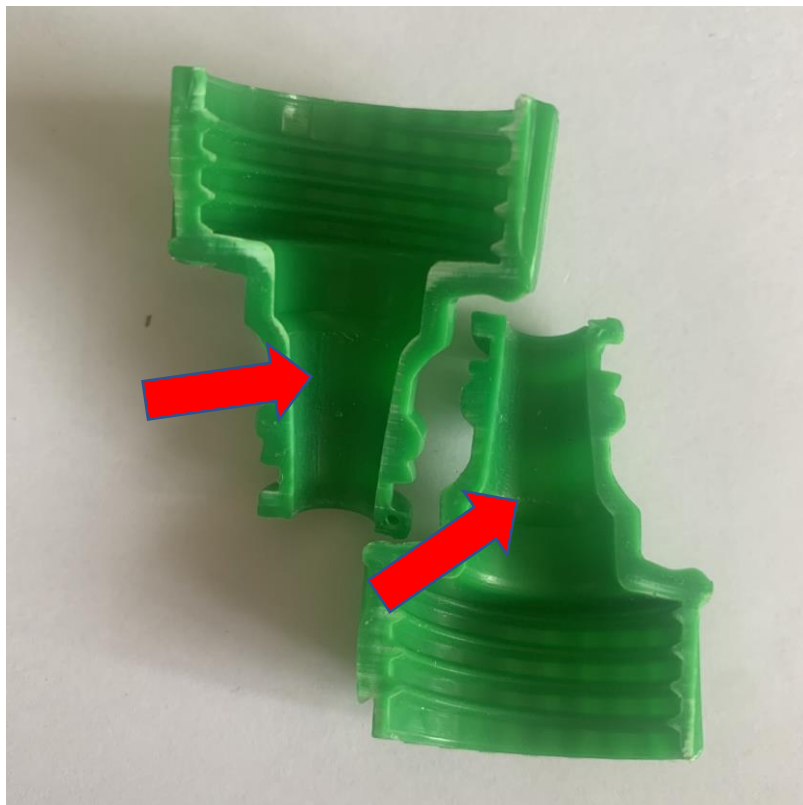
在多次水火箭的飛行過程中發現，水火箭常常會偏飛，甚至飛到樹上或是教室屋頂偏離原瞄準方向非常多。而且同一架火箭有時偏左、有時偏右還有時直線都可能發生。

一開始我們認為是水火箭製作問題導致發射後飛行不穩定，但是檢查水火箭彈體直線性及尾翼穩固性都沒問題；而且同一支水火箭在幾次測試有時穩定飛行有時亂飛，經過大家討論後將原本認為購買的噴嘴應該不會有問題的觀念打破，所有導致亂飛的可能因素都盡量控制後，還發生偏向問題，**就剩下噴嘴的問題了！**觀察市售觀察噴嘴的內部發現內部有一個像階梯一樣的凸出，有些甚至有階梯寬度不一樣好像偏心圓。



照片三、市售水火箭噴嘴內部構造

我們也利用身邊可得到的文具當工具進行水火箭噴嘴內部擴孔，將凸出的部分磨除，使其滑順，應該可以讓水流噴發更順。



照片四、改良後水火箭噴嘴內部構造



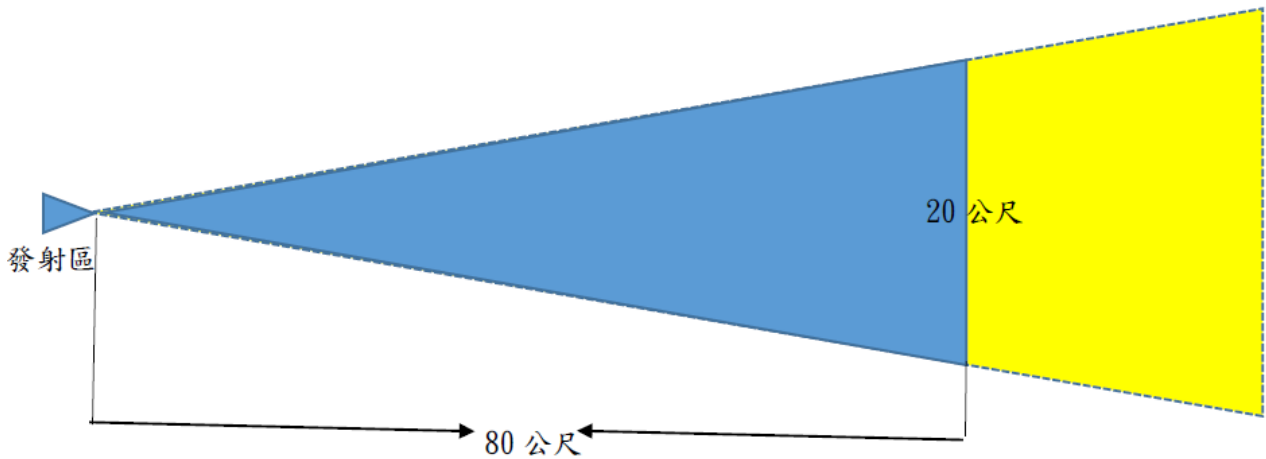
照片五、改良前、後水火箭噴嘴內部構造對照

我們購買 100 顆噴嘴，任意選取 50 顆，進行設計下列流程進行探究，測試觀察市售水火箭噴嘴會引發偏轉的機率大約多少，並確認改良後噴嘴對飛行直線穩定性是否提升。

流程步驟：

(一)、穩定飛行區間範圍認定設定：

依據全國水火箭比賽計分區間規定，於距離發射點 80 公尺處為圓心，劃設一半徑為 10 公尺之範圍內為合格區，依距離中心位置距離計算成績；我們這次要探討的是針對直線飛行穩定探討並找出可以提高直線飛行穩定性的方法，所以我們設定以發射點 80 公尺處量測寬 20 公尺寬度，兩端延伸至發射區之範圍內為穩定飛行區。(詳圖一)



圖一、穩定飛行區範圍

- (二)、製作 20 支水火箭，隨機選擇 12 支水火箭進行測試。
- (三)、每次發射水量為 250cc、壓力 70PSI、發射架角度 50 度。
- (四)、每一架火箭進行編號 1~12 號，依序發射測試用的 50 個噴嘴，每一個噴嘴進行兩次發射，將任一次發射飛行中飛出穩定飛行範圍區之噴嘴進行回收改良。
- (五)、兩次發射皆符合規定的才視為合格。
- (六)、進行改良後的噴嘴發射，重複步驟(三)~(五)。

注意事項：發射過程中隨時注意水火箭彈體的完整性。

伍、 研究結果

依據穩定飛行區範圍判定是否合格標準，市售水火箭噴嘴發射 50 個樣本中，回收改良個數 15 顆，高達 30%無法落入穩定飛行區範圍；經改良後再行發射測試均可進入穩定飛行區範圍內。

由照片六、市售噴嘴水火箭飛行路徑連續照片可以觀察到在發射初期主要噴出水柱，在噴水量變少開始噴出水霧氣狀態時，水火箭發生偏向情況然後再直線飛行，檢視噴嘴內部有階梯寬度不一的不對稱圓，好像偏心圓一樣。另，市售水火箭噴嘴飛行直線行的噴嘴其噴嘴口圓較為對稱。照片七、改良後噴嘴水火箭飛行路徑噴水徑為順暢，飛行穩定。



照片六、市售噴嘴水火箭飛行路徑



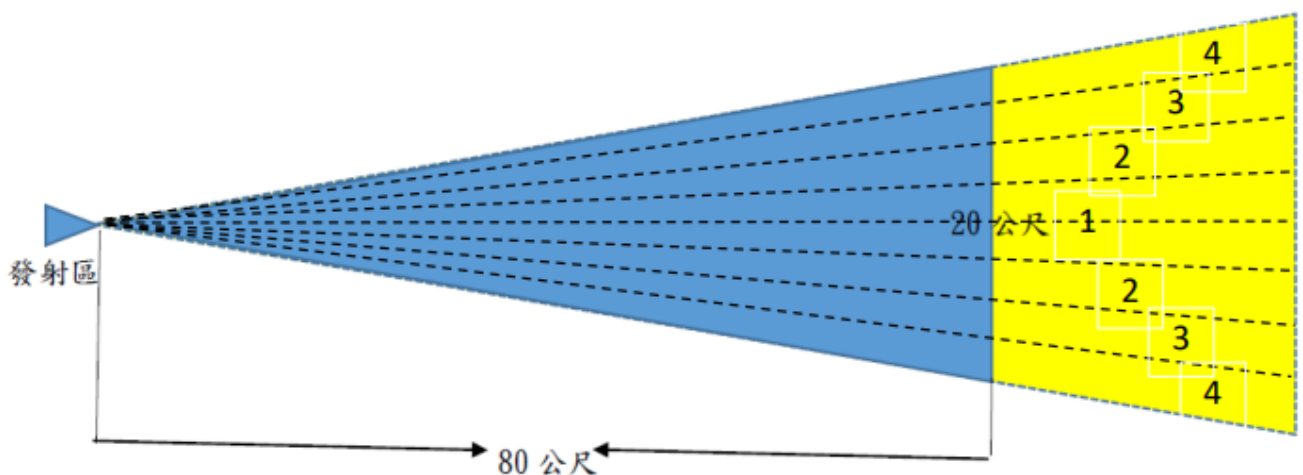
照片七、改良後噴嘴水火箭飛行路徑

陸、 討論

- 一、為何市售水火箭噴嘴和改良後噴嘴飛行路徑差異很大？
- 二、為何改良後噴嘴可以讓水火箭飛行更穩定？
- 三、要如何更準確判斷改良後噴嘴可提高飛行穩定性？
- 四、連通發射架有時會有回流水情況，需再改良。

柒、 結論

- 一、改良後的噴嘴內部更為平順，讓噴發的水流更為順暢，可以提高飛行直線穩定度，我們可以用這控制方法進行控制變因實驗法進行有關水火箭相關探究。
- 二、後續可用更小的區間來記錄落點區，每 2.5 公尺一個範圍，如圖二區間所示，這樣可以更明顯準確判斷改良後噴嘴可提高飛行穩定性。
- 三、連通發射架需再進行改良改善回流水問題，後續驗證後再分享。



圖二、穩定飛行區紀錄範圍

捌、 參考資料

國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系·科學遊戲實驗室－水火箭·取自:

<http://scigame.ntcu.edu.tw/air/air-008.html>