

## 水火箭之設計與應用 The design and application of water-rocket

呂理得 黃正熙 王士賓

Lee-Der Liu, Chenhsi Huang, Shibin Wang

黎明技術學院創意產品設計系

Department of Innovative Product Design, Lee-Ming Institute of Technology

### 摘 要

水火箭顧名思義是以水作為媒介，將高壓氣體灌入水火箭中，根據高壓流往低壓的原理，將噴嘴打開，高壓氣體迅速的將水推出噴嘴，根據牛頓第三運動定律的作用，給水火箭一個反作用力使得水火箭向前運動。

我們除了瞭解火箭和水火箭的歷史和原理，希望能夠在專題研究的課程中創作特殊造型的水火箭並探討水火箭的影響因素。我們使用的水火箭本體係以環保回收之保特瓶為主體而製成，利用自來水和壓縮空氣為動力來源，故可稱為『環保水火箭』。

本文利用水火箭的原理創作救難繩發射器以及節能水火箭車，本文以救難繩發射器測試水火箭時，發現注入水量至少必須在容器總容量的五分之一以上，才能控制發射距離。另外以節能水火箭車測試水火箭時，發現車輪的防滑設計與車輛輕量化設計，是水火箭車的性能關鍵。

**關鍵詞：**水火箭、發射器、節能車

### Abstract

The water-rocket was a movement tool by means of high-pressure air and water in a bottle. According to physical theory, it could give a reacting force on the bottle, and the bottle will be pushed rapidly.

In this article, we tried to understand the history and basic theory of water-rocket. Furthermore, we tried to create a project work to protect the environment. So we used the water and wasted PET bottle to make two water-rocket projects, including a rescue rope launcher and an energy conservation car.



We found that, one fifth water injection will be available during the rescue rope launcher procedural. In the energy conservation car, we found that, anti-slip design and skid proof design were the key techniques.

**Key Words:** water-rocket, rescue rope launcher, energy conservation car.



## 1. 前言

火箭是在十三世紀時由中國人所發明，那時的火箭是在長槍上裝入一個塞有火藥的圓筒，之後經由阿拉伯傳入歐洲，十八世紀初，義大利設計了一種像烏龜一樣的火箭，點燃之後可以在地上跑，用於戰爭。在十八世紀末期，火箭逐漸被列為兵器，英軍還用火箭擊敗過拿破崙的軍隊。可是火箭的命中率還是很差，所以自從槍砲被發明之後，就逐漸不再被當作兵器了。水火箭起源於日本夷山的划艇俱樂部，有一次，這一群熱愛戶外活動的團隊，有人利用寶特瓶向加拿大遊艇發射救生繩索，因而想到利用水的動力來噴射寶特瓶，經過研究之後，發現在寶特瓶內部灌水，再經由打氣筒加壓，瞬間釋放的寶特瓶竟然會像火箭一樣的飛出去了，再經過改良後，「水火箭」居然可飛到了數十公尺遠，「水火箭」因而成為受歡迎的活動。[1-2]

## 2. 基本理論

水火箭顧名思義是以水作為媒介，將高壓氣體灌入水火箭中，根據高壓流往低壓的原理。將噴嘴打開，高壓氣體迅速的將水推出噴嘴，根據牛頓第三運動定律的作用，給水火箭一個反作用力使的水火箭向前運動。其原理如下：

### 第一：水的動量守恆

根據物理定律，動量為物體質量和其運動速度的乘積， $(M = m \times V)$ ，其中  $M$  為物體的動量， $m$  為物體的質量， $V$  為物體的運動速度。一個系統之總動量為此系統中各物體之動量總和，此總動量在理論上不改變， $(M_{total} = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n)$ 。

### 第二：水壓的反作用力

根據物理定律，氣壓為單位面積所受的空氣壓力， $(P = F \div A)$ ，容器內的氣壓若瞬間向外作用，則外界必產生一相對的反作用力。

### 第三：重力與空氣阻力

氣壓的反作用力使物體向上運動，而物體的重力使物體落回地面，兩個力量的大小決定物體運動的距離。

### 第四：方向的控制

物體若以此反作用力自地面向一仰角方向作用，則物體受到重力的影響，將呈拋物線方式飛行一段距離然後落地，物體運動時，風力及空氣阻力也會影響運動路線。[3]

## 3. 實驗方法

我們除了瞭解火箭和水火箭的歷史和原理，希望能夠在專題研究的課程中創作特殊造型的水火箭並探討影響水火箭的因素。

我們使用的水火箭本體係以環保材料為原則，利用環保回收之保特瓶(PET)為主體，再加上彈頭及尾翼而製成，利用自來水和壓縮空氣為動力來源，故可稱為『環保水火箭』，如圖 1 照片及圖 2 的組立圖所示，再加入同學的創意，進行研究與改良。[4-10]

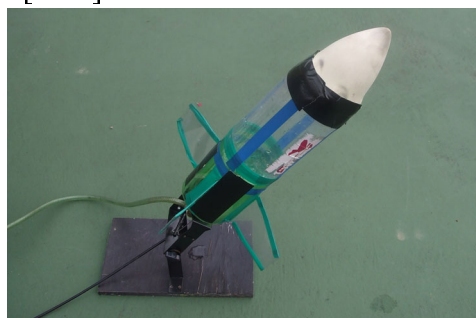


圖 1 本文之水火箭本體



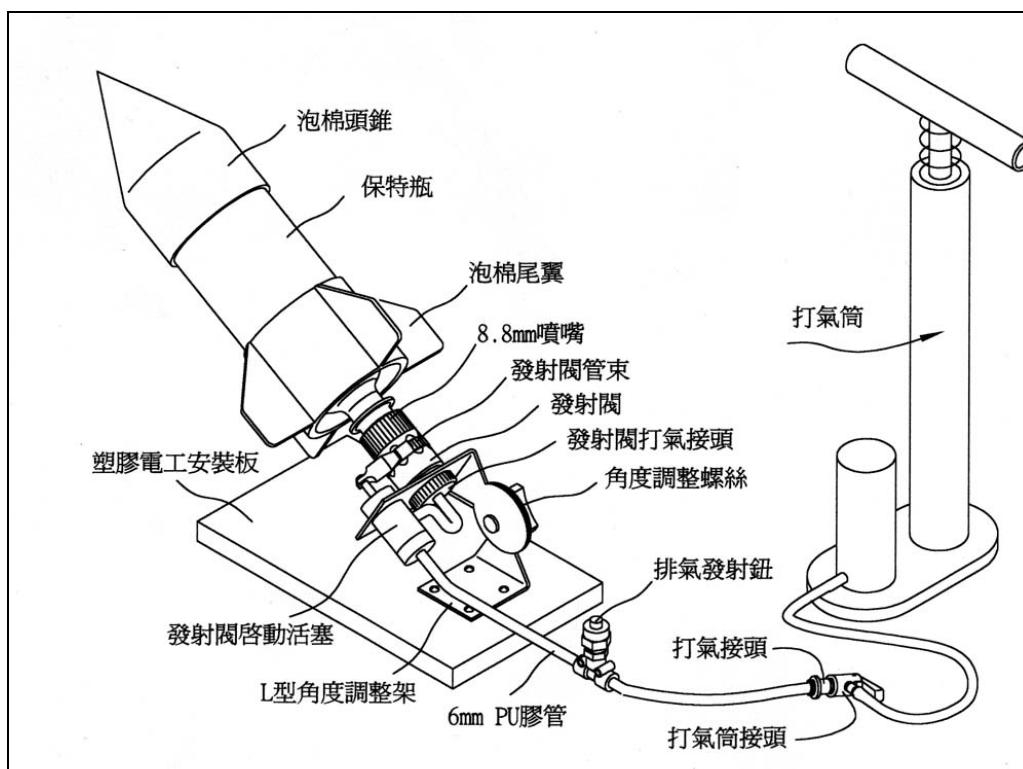


圖 2 本文之水火箭及配件組立圖[2]

所需要的材料包括(1)兩公升的寶特瓶，(2)頭錐及尾翼的厚紙板，(3)專用的噴嘴、接頭及打氣筒(4)美工刀、量具及電工膠布(5)自製的發射固定架。

### 3.1 救難繩發射器

我們製作的簡易救難繩發射器是用水火箭來測試的，水火箭全名為『氣水動力火箭』，係以高壓空氣及水為動力，我們以汽水保特瓶為材料，製作成類似軍用火箭彈之火箭，如圖 3 照片所示。



圖 3 自製的救難繩發射器

我們先將保特瓶注入一定容積的水，再用打氣筒打入空氣，此時保特瓶的體積不變，氣體分子卻隨著打入氣體增加而瓶內空氣密度隨著增加，此時停止打入空氣後瓶內空氣，將一條不受牽絆的尼龍繩綁在水火箭尾端，再依照順序將水火箭發射，目標為 30 公尺外的目標區。圖 4 為救難繩發射器的準備情形。圖 5 左邊照片為同學以量筒控制注入的水量，右邊照片為同學以鋁桿製作的長寬各 2 公尺的發射目標區。



圖 4 救難繩發射器





圖 5 左邊照片為同學以量筒控制注入的水量，  
右邊照片為同學以鋁桿製作發射目標區。

理論上，發射角度為 45 度時可達到最遠大射程，而飛行角度為 90 度時可飛行至最大高度。首先我們先以 75 度之固定發射角測試，發現注入水量與發射距離的關係，結果如表 1 所示。我們再以不同發射角度與注入水量作測試，也發現發射角度與注入水量也會影響發射距離，結果如圖 6 所示。

表 1 注入水量與發射距離的關係

水量 (ml)	壓力 (Psi)	發射角 (度)	距離 (L)
200cc	70	75 度	15m
300cc	70		34m
400cc	70		32m

### 3.2 節能水火箭車

另外我們又製作了節能水火箭車，也是以高壓空氣及水為動力，以汽水寶特瓶為材料，製作成以圓輪運動的水火箭車，不同型式的節能水火箭車如圖 7 照片所示。

## 4. 結果與討論

### 4.1 救難繩發射器的實驗結果

從表 1 的結果可知，當我們以 75 度之發射角測試水火箭時，發現如果以固定 70 psi 的空氣壓力為基準，當注入水量大於 400 cc 以上，發射距離便無法再增加，但是可以發射到達預定的目標區。

從圖 6 的結果可知，以不同發射角度與注入水量作測試時，發現當發射角度下降至 70 度時，注入水量增加到 300 cc，甚至 400 cc，其發射距離不但無法增加，反而卻逐漸減少，無法到達目標區。

所以我們將發射角度設定在 75 度，如果注入水量太少，發射距離會明顯不足，如果注入水量在 300 cc 至 400 cc，便可順利發射至目標區，亦即總容量 2000 cc 的五分之一。由此可知，發射角度與注入水量必須在一定範圍內才能控制發射距離。



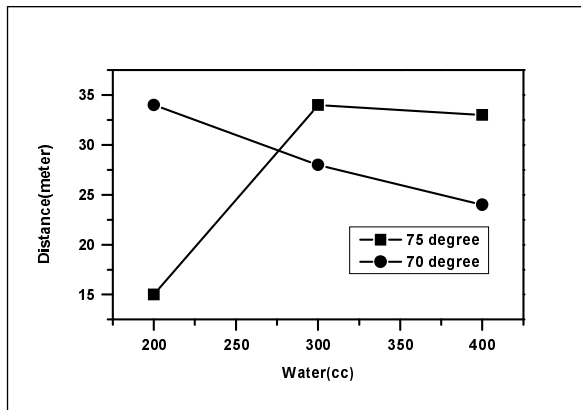


圖 6 不同發射角度與注入水量與發射距離的關係

#### 4.2 節能水火箭車的實驗結果

從圖 7 的結果可以將不同型式的節能水火箭車作比較：

首先，(A)車與(C)車的設計類似，但是(C)車使用硬質的塑膠輪，當水火箭車瞬間衝出移動，塑膠輪容易打滑而朝向圓弧方向運動，無法直線前進；相對的，(A)車的輪子圓周面上貼覆一層防滑布，增加車輛運動時的抓地力，因此能夠朝向固定的方向前進。另外(A)車與(C)車的輪子直徑不一樣，(C)車的輪子直徑比較小，也造成行走路線不易控制。

第二點，(B)車採三輪運動的設計，其優點在於輕量化，可以在相同的動力來源之下行走較長的距離，而且(B)車採用軟質的塑膠輪，其方向的操控性優於硬質的塑膠輪。

#### 5. 結論

1. 本文利用水火箭的原理創作救難繩發射器以及節能水火箭車，有利於提高同學的創作學習。

2. 本文以救難繩發射器測試水火箭時，發現注入水量至少必須在容器總容量的五分之一以上，才能控制發射距離。
3. 本文以節能水火箭車測試水火箭時，發現車輪的防滑設計與車輛輕量化設計，是水火箭車的性能關鍵。

#### 參考文獻

- [1]. 網頁 1：水火箭 DIY 製作全紀錄，  
<http://www.blde.tw/wrk/page28.htm>。
- [2]. 網頁 2：水火箭原理說明，  
[http://mail.mcjh.kl.edu.tw/~lin/teach/water\\_rocket/rocketpr.html](http://mail.mcjh.kl.edu.tw/~lin/teach/water_rocket/rocketpr.html)。
- [3]. 網頁 3：水飛機材料與水火箭原理介紹，  
<http://www.big3.com.tw/0011.htm>。
- [4]. Roberto Lucci & Paolo Orlandini，  
Product Design Models, Van Nostrand Reinhold New York. 1992。
- [5]. 產品設計模型，張悟非，六合出版社，1992 年。
- [6]. MODELS & PROTOTYPES，清水吉治 Yoshiharu Shimizu，小島孝 Takashi Kojima，田野雅三 Masazo Tano，松田真次 Shinji Matsuda 等人合著，  
printed by GRAPHIC-SHA Publishing Co. Ltd., Tokyo, Japan。1991。
- [7]. 模型與原型，張悟非，六合出版社，1992 年。
- [8]. 著想機構設計，合田忠太 Wada Tadafudo，  
printed by TECHNO BOOKS, Japan。1991。
- [9]. 創意性機構設計，林信隆，全華科技圖書公司，1992。
- [10]. 楊榮顯，材料工程學，全華科技圖書公司，2001。

