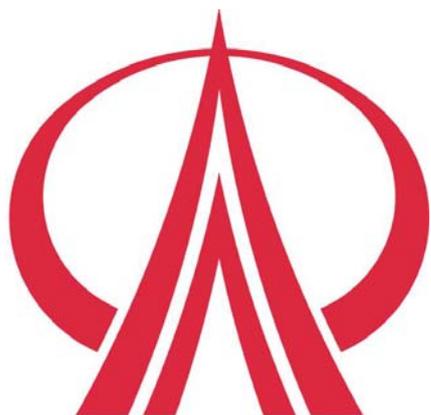


修平技術學院 電機工程系

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
HSIU-PING INSTITUTE OF TECHNOLOGY

實務專題報告書

水火箭最佳射程設計



指導老師：江奕旋

專題製作學生：四技電四甲 謝明哲 BD95027

四技電四甲 劉昌豪 BD95025

中華民國九十八年十二月三十日

修平技術學院
電機工程系

98

實務專題報告書——水火箭最佳射程設計

指導老師：江奕旋

學生：謝明哲、劉昌豪

目 錄

目錄.....	I
圖目錄.....	II
表目錄.....	III
第一章 緒 論	1
1-1 製作動機	1
1-2 製作目的	2
第二章 研究方法.....	3
2-1 水火箭應用	3
2-1-1 水火箭原理介紹	3
2-1-2 發射流程	3
2-2 田口方法	5
2-2-1 田口法簡介	5
2-2-2 品質特性	5
第三章 實驗設計與結果討論.....	6
3-1 實驗模組	6
3-2 直交表及實驗配置表	7
3-3 數據分析	8
3-4 結果討論	10

第四章 結 語.....	11
參考文獻.....	12
作者簡介.....	13

圖目錄

圖 3.1 水火箭製作流程圖.....	6
圖 3.2 實驗模組之實體圖.....	6
圖 3.3 因子水準平均 S/N 值與回應圖	9

表目錄

表 3.1 直交表.....	7
表 3.2 虛擬水準法實驗配置表.....	7
表 3.3 實際測量數據.....	8
表 3.4 因子水準平均 S/N 值.....	9

第一章 緒 論

1-1 製作動機

水火箭在國內是一個非常有教育意義的教材，它包含了現代的環保意識、科技、遊樂[1-3]，沒有年齡層的差別是個親子互動的娛樂教材，對於學生來說科技方面的應用也是相當廣泛的，像有水火箭自走車[2]、肩射式水火箭、自動填充系統這些科技的相關應用。

在決定本專題的題目時，尋找專題老師以及到圖書館找專題資料，才發現了有水火箭的相關專題，水火箭是由火箭所衍生出另一種安全的飛行器具，讓從小夢想擁有在蔚藍天空飛行的孩子們，可以借由安全性高的水火箭來達成他們的夢想。

從書面資料中產生出想做水火箭此專題的想法，書面資料內容裡水火箭是以達到自動化為目標，水火箭不僅擁有環保的概念，在綠色的概念下還蘊藏著科技發展的潛力，如此有趣與教育意義的題目，在此決定朝水火箭專題的目標下去研究與探討。

1-2 製作目的

在本校水火箭自動化方面已經有了相當程度的發展，經過一番的討論結果水火箭專題不再以自動化的方向發展，將以水火箭最佳射程設計作為此次專題的研究目標，既然是火箭當然就是要達到遠距離的效果，在本實驗中使用了田口方法[4]搭配因子的變化，來加強水火箭最佳射程參數。

研究實驗終將使用壓力、角度、水量來進行田口方法，首先將個各因子作成直交表來確認因子數據值，數值確定後就會進行虛擬水準法實驗配置把因子配置成九種不一樣的變數，使其發射水火箭時作為參數的比較。

當實際發射數據完整的紀錄後，將會用品質特性中的望大特性公式來完成因子水準平均 S/N 值，之後將其數據用線性的方式作成因子水準 S/N 回應圖，在回應圖中將得知各項因子在哪個數值階段式呈現望大的屬性，此時就是完成水火箭最佳射程設計的實驗結果。

第二章 研究方法

2-1 水火箭應用

2-1-1 水火箭原理介紹

水火箭(Water Rocket)是以水做為發射的媒介，在裝有水的瓶中打入氣體使其產生高壓，在高壓氣體往低壓氣體流動的理論中，只要水火箭噴氣嘴一打開，在瓶中的高壓氣體就會往低壓氣體高速流動，此時水會跟著氣體衝出瓶外使其作為媒介，依照牛頓第三運動定律作用力等於反作用力，水跟氣體向後高速噴出水火箭就會以對等的速度前進，只要配合好角度的需求水火箭就可以順利的升空了。

2-1-2 發射流程[1-3]

- 加水—根據動量守恆(牛頓第三運動定律)，可以增加反作用力(Counterforce)。

因寶特瓶的內部空間有限，在噴嘴一打開的時候氣體就會馬上噴出動量變化較小，無法達到持久噴射的效果，加水後動量變化增加，也就能夠推水火箭升空。

- 打氣—增加壓力瓶內的氣壓，把水擠壓出去排出。

單位面積中所受空氣的作用力稱為壓力。

$P=F/A$ ，P：壓力，F：作用力，A：面積，故壓力愈大，所產生的作

用力也愈大，反作用力也愈大。

●發射—作用力與反作用力(牛頓第三運動定律)。

水和氣體給予水火箭後方作用力，相對的反作用力就會將水火箭往前推進。

●飛行—重力、彈道飛行(尾翼)、風向。

重力：地球給予水火箭向下的拉力，水火箭質量越高地吸引力也就會越大。

彈道飛行：水火箭以仰角方式發射，受引力的影響水火箭會呈現拋物線飛行，而尾翼則是維持前進方向。

風向：風的方向也會造成水火箭射程變化的因素。

2-2 田口方法

2-2-1 田口法簡介

田口方法[4]發展自六十年代初期，廣泛應用在個各領域中。其參數設計法 (Parameter Design)，是利用直交表的實驗設定，再經由虛擬水準實驗配置來進行組合實驗，在目前的工業界已是作為品質提升所必備條件，由實際實驗後所得到的參數，經由品質特性中的望大特性來帶入計算，此作法將會得到因子水準平均 S/N 值，再從得到的數據中去做因子水準 S/N 回應圖，在回應圖將可了解到各項因子所帶來的影響，使其作為將來的實驗改善依據。

2-2-2 品質特性

品質特性依期望的目標值型態可分為望目特性、望小特性及望大特性等三種。在田口實驗中為求得較佳之相加性，將不同性質之品質特性以訊號雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio, S/N) 表示。

- 望大特性 (Larger-the-better)：品質特性越大越好，例：壽命、強度。

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

- 望小特性 (Smaller-the-better)：品質特性越小越好，例：瑕疵、誤差。

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

- 望目特性 (Nominal-the-better)：品質特性具有一定標準值，例：尺寸、重量。

$$\eta = 10 \log_{10} \left(\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

第三章 實驗設計與結果討論

3-1 實驗模組

本專題採用寶特瓶來進行水火箭之製作。首先切割寶特瓶空瓶以製作箭頭及尾翼，並以另一完整之空瓶為箭身，再進行水火箭本體之組裝，其製作過程可參考圖 3.1 所示[3]之流程。圖 3.2 所示為實驗模組之實體圖

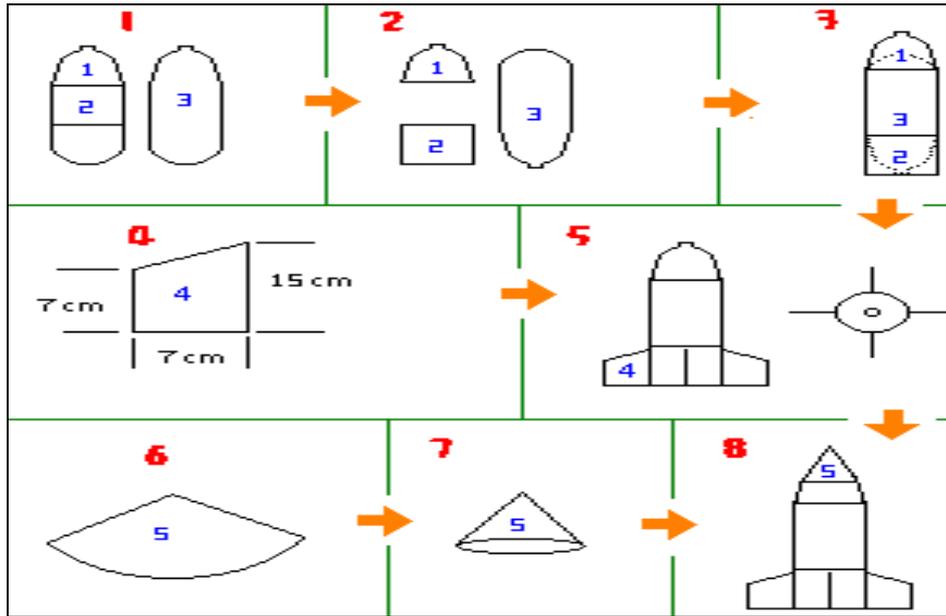


圖 3.1 水火箭製作流程圖[3]



圖 3.2 實驗模組之實體圖

3-2 直交表及實驗配置表

本實驗中共規劃有二種壓力、三種角度及三種水量，其直交表如表 2.1 所示。由因子之水準數，搭配多個實驗因子個數，進行了九組的實驗，以量測出水火箭(water rocket)最遠之射程，並確認最佳因子的組合。

虛擬水準法實驗配置表是由表 3.1 的直交表來進行組合搭配。例如：實驗組合 1 之組合為(1 1 1)，即：壓力水準 1(50 psi)、角度水準 1(50 degree)、水量水準 1(250 ml)。表 3.2 所示為虛擬水準法之實驗配置表。

表 3.1 直交表

因子 (factor)	水準 1	水準 2	水準 3
壓力 (psi)	50	70	
角度 (degree)	55	60	65
水量 (ml)	250	300	350

表 3.2 虛擬水準法實驗配置表

實驗組合	壓力	角度	水量
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	1	1	2
5	1	2	3
6	1	3	1
7	2	1	3
8	2	2	1
9	2	3	2

3-3 數據分析

本實驗在發射水火箭測得的數據如表 3.3 所示，將以望大的特性來進行實驗

數據分析(望大特性：品質特性越大越好，例：壽命、強度。)，其方程式如下：

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

表 3.3 實際測量數據(西北風 3m/sec，西南發射)

	壓力	角度	水量	1	2	3	4	5	平均 (m)	η
1	1	1	1	60.45	57.53	61.77	64.50	59.32	60.71	38.66
2	1	2	2	62.67	60.70	61.43	60.55	58.68	60.81	38.68
3	1	3	3	57.58	63.26	60.40	55.32	56.57	58.68	38.35
4	1	1	2	65.95	60.67	61.50	59.04	60.53	61.54	38.78
5	1	2	3	59.28	67.17	64.68	54.10	61.25	61.30	38.69
6	1	3	1	59.71	49.78	48.22	50.96	53.23	52.38	37.32
7	2	1	3	74.73	78.25	59.73	72.45	65.43	72.12	40.12
8	2	2	1	93.15	82.40	82.63	86.21	93.86	87.65	41.82
9	2	3	2	88.54	80.41	83.12	78.73	81.77	82.51	41.32

上表中之全部實驗數據之平均 S/N 比須透過下式進行計算，計算所得之因子

水準平均 S/N 值如表 3.4 所示。

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i$$

表 3.4 因子水準平均 S/N 值

		1	2	3
壓力(psi)	A	38.41	41.09	
角度(degree)	B	39.19	39.73	39.00
水量(ml)	C	39.27	39.59	39.05

由表 3.4 所得到的因子水準平均 S/N 值，可來完成圖 3.3 因子水準 S/N 回應圖。

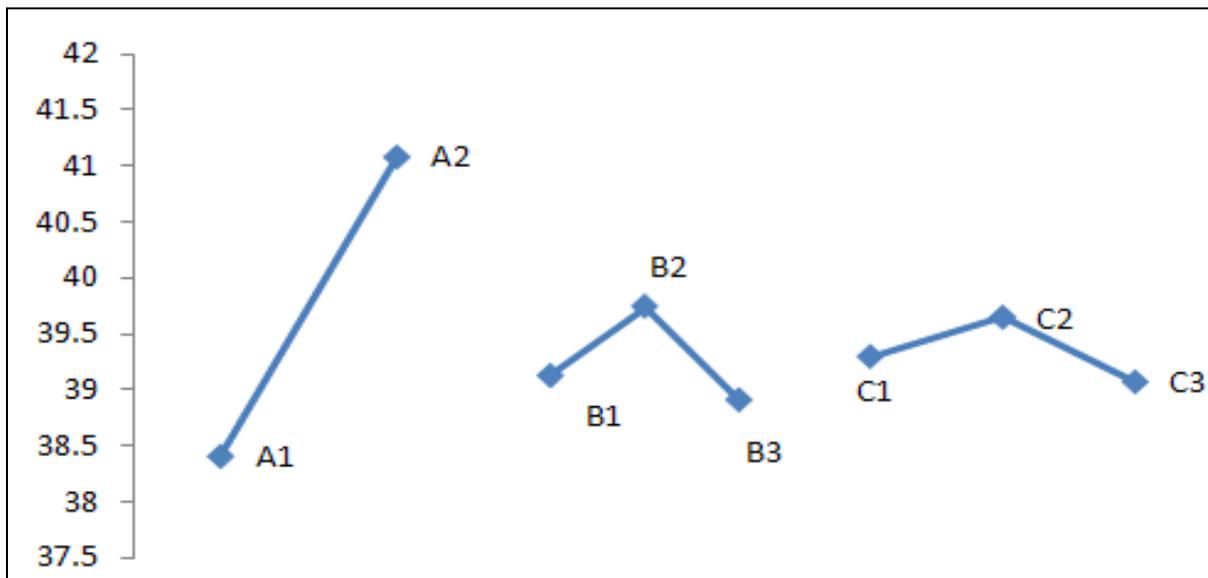


圖 3.3 因子水準 S/N 回應圖

3-4 結果討論

本文在最初的考慮，是以 45° 為基準，前後各差 15° 作為角度因子，因為瓶中的水重會使水火箭發射時偏低，所以改用 60° 為基準，取前後各差 5° ，即 55° 、 60° 、 65° 。

風向與風力因子對射程的影響有決定性之影響，雖然不列為控制因子，實驗過程中，我們選擇西北風 3 m/sec 向西南發射，並以虛擬水準法修改田口水準值交表，減少實驗次數，求得水火箭的最佳發射參數，增加水火箭射程。

使用田口法時，假設直交表中實驗因子(如表 3.1)，並以值交表的直交特性系指任意兩行其因子水準組合均會出現，且每一組合均會出現一次(如表 3.2)。品質特性依期望的目標型態可分為望大、望小及望目特性，將不同的特性以訊號雜比(S/N)表示，本文以望大特性為實驗，求出每組的 S/N 值(表 3.3)，並估算 S/N 總平均值(表 3.4)，由圖 3.3 得知最佳之因子水準為 $A_2B_2C_2$ ，即當壓力為 $70(\text{psi})$ 時，取角度為 $60(\text{degree})$ 、水量為 $300(\text{ml})$ 可得最遠之射程。

第四章 結 語

水火箭最佳射程設計的目標下，應用了三種因子來做最佳射程的發射，這三種因子分別是壓力、角度、水量，將壓力、角度、水量以田口方法來做成直交表，再用直交表做成虛擬水準法實驗配置表總共有九次的實驗配置，來去做實際的發射與量測，雖然在發射與量測的過程中，會遇到一些不可以控制的因素來妨礙水火箭進行發射與量測，例如：風力的大小、風的方向，克服這些因素以最大限度的努力來完成這次的研究。

因子的變化在這次的實驗中，可以說是扮演非常重要的角色，每一項因子的變化都會影響到發射水火箭時的射程，因子之中壓力是屬於越大就發射的越遠。水量在本次實驗中卻不是屬於越多就發射的越遠的因子，水量達到某一標準再持續增加水量設程將會降低，反之空氣要從瓶內衝出時就會因為水量過少失去媒介，而無法成功的發射水火箭。

角度在本次實驗中擁有兩極化的發展，如果角度設置過低水火箭就會用極小的拋物線往地面撞擊，反之角度設置太高又會因為拋物線的角度太大使得射程沒辦法達到最理想的狀態。

在專題製作的過程中，所得到的最佳射程設計數據可能跟外界所測得的數據有一些落差，但這次實驗的數據是經過討論後得來的結果，使用這些數據設計的因子變化來實際測出的結果，雖說不是最完美的資料，卻是經過創造與努力得來的研究資料。

最後要感謝指導本次實驗研究的專題老師，在專題製作的過程中老師用盡心力的教導下，使專題製作能夠順利得如期完成，獻上十二萬分謝意，也希望在此後的專題學生可以在這個領域中發揮出更加優秀的成果，更重要的是老師都是學生的知識寶庫傳授知識學識給學生，在此感謝導師的教導。

參考文獻

- [1] 朱嘉駿、張傑旻、林世崇，“遙控承載式水動力火箭研製”，修平技術學院
電機工程系專題報告書，2005。
- [2] 孩子王的保特瓶世界，<http://www.sonking.com.tw/>
- [3] 水火箭展示，http://mail.mcjh.kl.edu.tw/~lin/teach/water_rocket/rocketmk.html
- [4] 田口玄一，實驗計劃法(上)、(下)卷，1976。

作者簡介



- 姓 名： 謝明哲
- 學 歷： 修平技術學院- 電機工程系 (2006/09 ~ 2010/06)
國立苗栗農工- 電機科 (2003/09 ~ 2006/06)
- 經 歷： 修平技術學院- 機電整合研習社/社長 (2008/09 ~ 2009/06)
修平技術學院- 機電整合研習社/總務 (2009/09 ~ 2010/01)
修平技術學院- 生涯志工坊/顧問 (2008/09 ~ 2009/08)
修平技術學院- 生涯志工坊/器材長 (2007/09 ~ 2008/08)
- 證 照： 勞委會室內配線丙級技術士執照 (証號:007-091361)

作者簡介



- 姓 名： 劉昌豪
- 學 歷： 修平技術學院- 電機工程系 (2006/09 ~ 2010/06)
台中縣新社綜合高中 (2003/09 ~ 2006/06)
- 經 歷： 修平技術學院- 機電整合研習社/總務 (2008/09 ~ 2009/06)