

臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：工程學科

作品名稱：動力機械(內燃機)模型引擎之研究

學 校：臺北市立興福國民中學

作 者：曾煥棋

作者簡介



小學 3 年級由日本返國就讀，「眼高手低」「不肯按步解題」……，求學過程中，負面的評語總是如影隨身，直遇到恩師，左一句「五百年難得一見奇才」又一句「跳躍式思考」，恩師的三十分鐘個別引導，數學段考成績由 44 分跳到 88 分，數學老師宣稱，教書二十幾年來，從未有此現象。這就是我一曾煥棋，常荒腔走板演出於大班級教學中，感恩的是師長及父母讓我在競爭且繁重的課業中，能有獨立思考的空間，並能悠游於數理的探討。

動力機械(內燃機)模型引擎之研究

摘 要

最古老之動力機械為蒸氣引擎，在早期蒸氣火車發電機皆由蒸氣引擎發展而來，本研究即利用最古老之蒸氣引擎(俗稱飛龍引擎)之製作，以探討內燃機之基本理論以作為模型引擎設計之基礎。在飛龍引擎製作中，歷經引擎無法轉動之痛苦，並極力找尋一百年前發明蒸氣引擎之同樣思考，最後找尋到引擎啟動之合適尺寸，再用其尺寸延伸做實驗，以發展其理論，最後發現引擎設計之重要變數如管長、火焰、本身重量均為設計中重要因數，最後用正式機械設計方式完成第四代引擎亦正式運轉，可見本蒸氣引擎之設計基礎具有相當實用之基礎。

Abstract

The oldest locomotive engine was the steam engine. All early steam locomotives were developed from the steam engine (Heron engine) and this research project uses the Heron engine to explore the fundamental theories behind the internal combustion engine as a model for basic engine design. During the production stage of the Heron model, there were difficulties with engine rotation, and so efforts were made to find the same thought processes involved in producing the steam engine 100 years ago. The dimension appropriate for moving the engine was first found, and then the idea was extended with experimentation of the size in order to develop the theory of engine design. In the end, the length of the steam hose, the strength of flame, and the actual weight of engine were all found to be important factors of design. Finally, the fourth generation Heron engine was able to rotate properly using the proper engine design method, so it can be seen that the fundamentals of steam engine design has quite a practical engine design basis.

壹、前言

一、研究動機

我從幼稚園起，就開始學組裝四驅車，小學三年級從日本回到國內就讀時，國內的四驅車也正起步開始風行，年紀漸長組裝四驅車漸漸不能滿足我的需求，所以就開始自己練習組裝馬達，並曾在小學科展中以四驅車作為研究主題，探討馬達與扭力、轉速間之關係。小學畢業後，我開始對引擎車著迷，因此改玩引擎車，逐漸對引擎發生興趣，四驅車的動力是靠電池引動馬達，引擎車是靠汽油引動，對於如何能發展出一個引擎，是我的夢想，於是上網尋找相關資料了解如何發展引擎，發現飛龍引擎是引擎製作之根本，最後決定以飛龍引擎之製作及發展，作為研究之主題，開始引擎製作之旅。

二、研究目的

本研究旨在探討目前的模型引擎之種類及原理，並利用製作之飛龍引擎進行實驗，探討模型引擎運轉之基本參數，以為引擎改善之基礎。

貳、研究方法或過程

一、文獻探討

以下就電熱式、二衝、四衝及星形引擎之原理及結構加以探討：

1. 電熱式引擎

現在日本模型界主流的引擎是電熱式引擎，是第二次世界大戰後，由美國引進在 UCONE 飛行機使用，一直成為模型界之主流引擎。在電熱式引擎的引擎有 2 衝引擎及 4 衝引擎及星形引擎等。電熱式引擎因其名在氣缸頭裝電熱式火星塞，由火星塞點火回轉，電熱式引擎的燃料為甲醇主體，甲醇酒精：潤滑油=8：2 是標準的混合比。為了得到高動力，添加甲醇及丙醇。電熱式火星塞的白金線（電熱式火星塞昔日稱白金火星塞）赤熱的白金線在甲醇酒精之上加溫，白金線繼續加熱，並利用觸媒作用於電熱式引擎，繼續回轉。電熱式引擎在引擎始動時，使電熱式火星塞，發熱的電源是必要的，一旦啟動之後可切斷，其觸媒作用因回轉，繼續進行。

2. 二衝引擎

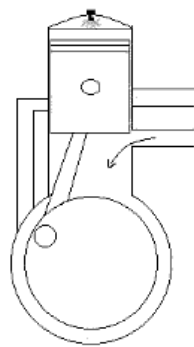
二衝程(2 stroke)引擎的結構比四衝程(4 stroke)的簡單得多，無凸輪軸(cam-shaft)、無進氣和排氣活瓣(intake & exhaust valve)，它的運作部件只有曲軸(crank-shaft)、活塞(piston)

和連桿(con-rod)，所以整體重量輕。其燃燒過程由於要利用曲軸箱(crankcase)，所以不能像四衝程式用循環潤滑系統，只能把潤滑機油預先混入汽油箱，在燃燒過程中順便提供潤滑效果，是為"全耗式"潤滑方法，機油隨汽缸燃燒時一同燒掉，如燒不盡時便隨廢氣一起排走，十分不環保。

汽缸燃燒運作過程原理如下：

二衝程引擎的進氣和排氣孔是在汽缸(cylinder)旁，排氣孔在上，進氣孔在下部，進氣是透過活塞下半部的換氣口窗進入曲軸箱內，過程如下：

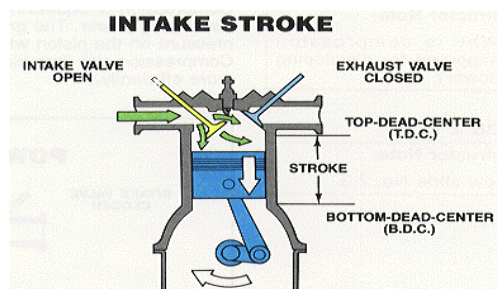
- (1) 活塞向上時，空燃混合氣從汽缸的進氣孔透過活塞換氣口窗流入曲軸箱內，而排氣口是關閉的。
- (2) 活塞向下時，把曲軸箱內的空燃混合氣經汽缸體換氣管道，推往汽缸上半部，跟活塞推向上把空燃混合氣壓縮，而進氣口開啓並放進入另一次空燃混合氣至曲軸塞內。
- (3) 汽缸頂(cylinder head)的火星塞(spark plug)跳火引爆已壓縮的空氣燃混合氣，把活塞壓向下往經燃燒後的廢氣於排氣口開啓時排出，同時在曲軸室內的空燃混合氣再經汽缸體換氣管道推往汽缸上半部，整個過程周而復始的運行。



二衝程引擎

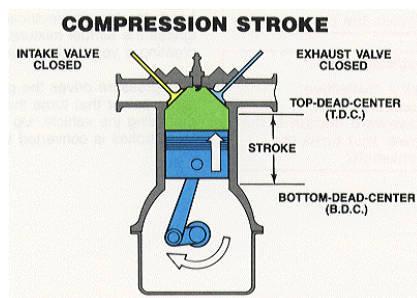
3. 四衝程引擎

四衝程引擎是定義為曲軸(引擎下方轉動軸)運行 720° ，而產生一次爆炸，稱為四衝程引擎。四衝程引擎是大部分引擎的設計基礎。四衝程引擎操作，主要分為四個步驟：吸氣衝程、壓縮衝程、動力衝程、排氣衝程。



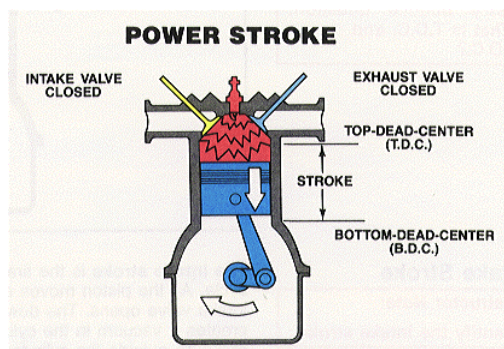
(1)吸氣衝程

現代的高速引擎，爲了得到最多的混合氣進入氣缸，吸氣活瓣 (Intake Valve)到達上止點(T.D.C.)前 15°開啓，而排氣活瓣 (Exhaust Valve)亦會在到達上止點後 15°關閉。在這期間，活塞下行因而產生真空。大氣壓力高於底壓，供油系統產生原子分解 (Atomization)，令空氣和燃油混合到大約爲 14.7:1 的比例時，比較理想。



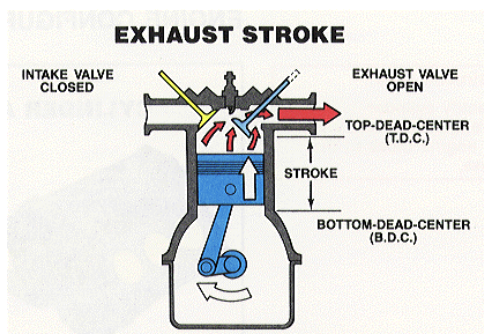
(2)壓縮衝程

Intake Valve 到達 B.D.C.(下止點)後 45°關閉。氣缸的壓縮比例爲原本容量的 $\frac{1}{10}$ ，這時氣缸的壓力會增加至 10bar，當活塞上升到接近 T.D.C.時火嘴便產生火花燃點這些混合氣。



(3)動力衝程

正當踏盡油門的時候，這些具規模的爆炸會產生高於 2000°的高溫。這些高溫產生高壓達至 34bar 的壓力推動活塞向下行。



(4)排氣衝程

排氣活瓣在到達 B.D.C.前 45°開啓， 因為這時氣缸會產生反壓， 廢氣便會自動排出。

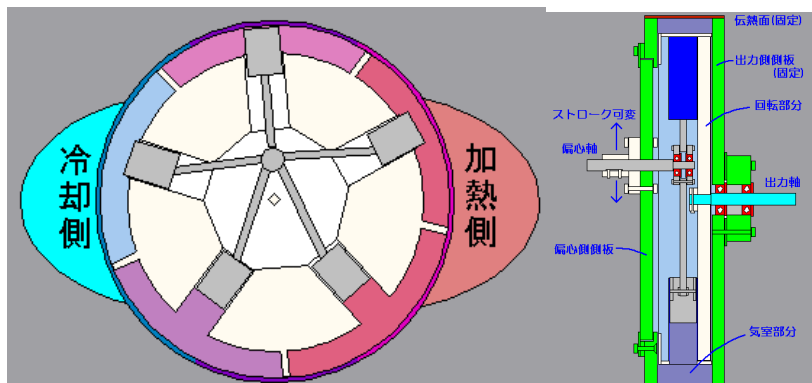


上圖為三菱 GDI 引擎運作情況， GDI 引擎和一般引擎，分別在吸氣的時候，只吸入空氣而不是混合氣，燃料就在氣缸內以 50bar 的壓力噴出，產生原子分解和空氣混合，再經火嘴燃點這些混合氣。

吸氣、壓縮、膨脹(爆發)、排氣 4 個工程，1 個 cycle 來運轉，稱 4 行程引擎。自動車世界，汽油引擎或柴油引擎，幾乎以 4 衝程來運轉。現在日本一般流行 4 cycle 引擎，幾乎是 2 valve(排氣用，吸氣用)方式，吸氣時吸氣 valve 打開，排氣時排氣 valve 打開動作，由曲軸上的 came 來進行。

4. 星形引擎

星形引擎是 ROTARY 直線式的變形，主要分成 PISTON、CONROD，出力軸 +CYLINDER(熱面)[青紫桃色]的三個部分來構成。隣進合氣室，壓力壁（與外管接合，非一體）來相隔，氣室間的空氣不移動。如下圖：外管左側為冷氣側，右側為為加熱側，中間為隔壁式的熱生部。



引擎運轉時，需注意外管（傳熱面）不回轉。

(1)由冷卻側向熱側移動時，PISTON 不動，加熱（等容加熱過程）。

- (2)加熱側，作動流體被加熱，由於膨脹產生，時針方向回轉力（等溫膨脹過程）。
- (3)由加熱側向冷卻側移時，PISTON 不動，冷卻（等容冷卻過程）。
- (4)冷卻側，作動流體被冷卻，由於收縮，產生時針方向回轉力（等溫壓縮過程）。
- (5)模型引擎馬力及大小(size)的算法

(1)模型引擎大小(size)的算法

世界的模型引擎大小常用的單位立方吋也就是 in^3 。

$1 \text{ in}=2.54\text{cm}$ $1 \text{ in}^3 =2.54\times 2.54\times 2.54=16.39 \text{ cc}$ 。 所以約 1.5cc 模型引擎場合 $1.5\div 16.39=0.09 \text{ in}^3$ 此時 0.09 的 0.不讀，讀 09，同 35cc class 模型引擎稱級也稱 20 級。這種 in 在海外常被使用，但是在模型引擎中表示 XX cc 同時表記 cu in。

(2)引擎動力馬力之計算

燃燒燃料而產生動力的引擎，其扭力輸出會受很多條件影響。引擎的扭力輸出與電摩打最大的分別是，摩打的扭力與轉速成反比例，而引擎則有一個發力轉數區。而引擎的發力區(以下所說的 "區" "範圍" 全是指轉數區域) 又有闊與窄，高轉與低轉之分。如引擎的設計是追求較寬闊的發力範圍和靈活的動力輸出，就應取長活塞衝程的設計，情形就如同我們踏單車時，入進低波段發力上斜一樣，雙腳踏動踏板的次數(衝程)雖然多了，但單車能在較低的速度(轉數)發力上斜。但是這個設計最明顯的缺點，就是限制了引擎的轉速上限。如同單車入進低波段時不能快跑一樣。原因是引擎轉速的上限受活塞速度左右，活塞速度的計算方法如下：

活塞衝程(m) $\times 2 \div$ 某引擎轉數之下，活塞走完兩個衝程的時間(s)，

活塞速度單位: m/s，某引擎轉數通常取引擎輸出最高馬力的轉速。

以物理角度來看，活塞速度不能無限制地增大，從算式上看，衝程增大的結果，是限制了引擎的轉數，但可增加引擎的低轉扭力。

相反，如追求高轉的扭力輸出，則短衝程引擎設計是較利高轉。就如大家在運動場上跑步，內圈距離較短，在同一速度(活塞速度)下一定可以較外圈多繞一圈一樣。但相反，這短衝程的設計犧牲了低轉扭力，引擎要在高轉才能起圍。而衝程長短的定義則是與汽缸口徑相比的，口徑比衝程大的通常叫短衝程引擎，口徑比衝程小的通常叫長衝程引擎。

另一個左右引擎發力區的因數就是飛輪重量。飛輪貯存能量的能力計算如下：

$$\text{飛輪貯存的能量} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

能量單位: 焦耳 joule

I: 飛輪的慣性系數(Moment of Inertia)，與飛輪重量成正比， kg m^2

ω : 飛輪的角轉速(Angular Speed)，rad/s

可見飛輪越重，在同一轉速之下貯存的能量越多，亦表示重飛輪可以較低的轉速傳遞同一能量，亦表示重飛輪較利引擎低轉發揮，但因需要更多能量去提升飛輪的轉速，重飛輪同樣不利高轉。相反，輕飛輪則利高轉。亦即是輕飛輪的引擎傾向高轉發力。在模型引擎來說，大部分引擎制造商都不採用低轉發力的設計，皆因燃油模型車的傳動是引擎飛輪旋轉，而利用引擎高轉而令離合器靴子向外甩的離心力，磨擦離合器外鼓而輸出動力。縱然引擎低轉時力大如牛，但因轉速低，無法令離合器磨合，也就不能推動車子了。所以模型引擎多是輕飛輪，和口徑比衝程大的設計。即使是長衝程的引擎，亦多是取方形結構，即是口徑與衝程剛好一樣，如果口徑真是比衝程小，引擎就會用輕飛輪的配搭，取其平衡。

馬力的計算公式 $ps = \frac{\text{扭矩(kgm)} \times \text{rpm}}{716}$

扭矩(kgm) = $R \times F$ R = 飛龍引擎管長 F = 飛龍引擎推進 rpm = 飛龍引擎之轉速

只以扭矩(kgm) \times rpm 陳述，716 當作定數不除，最後以 $ps = R \times rpm$ 之關係來整理





由於出口面積及出口壓差相同，所以

$F = \Delta P \cdot A$ ΔP = 蒸氣壓(100 度蒸氣) — 蒸氣壓(60 度水)

A = 管子出口面積 R = 不同管長尺寸

扭矩(kgm)以 R 之大小來作整理

二、研究設備器材

加熱器	銅棒
	
鋁薄紙	保鮮膜
	

鋁 罐	吸 管
	

三、研究過程與方法

如下圖所示，熱動力是世界最古引擎（紀元前 150 年前）。發電所等為主的動力，主要是蒸氣渦輪及飛龍引擎，是最早的發源。引擎就是讓物體動起來，本研究除製作飛龍引擎外，並探討引擎的效率，以作為將來改善模型引擎的理論基礎。



●1480 年最早之蒸氣車示意圖

本研究主要的進行步驟為：

- 1.引擎資料之探討，這個部分已經在文獻探討呈現出來。
- 2.製作飛龍引擎
- 3.運轉
- 4.實驗

1、製作過程

(1) 第1代飛龍引擎的程序

- ①鐵罐兩側，用鑽頭鑽銅管的洞。
- ②用工具將銅管前端彎曲。
- ③用 ab 膠將銅管固定於鐵罐。
- ④用 ab 膠將鋼線固定於蓋子之上。

(2) 第2-3代飛龍引擎的程序

限於重量，第 2~3 代飛龍引擎改用鋁罐替代鐵罐、可彎式吸管替代銅管、保鮮膜替

代鐵蓋，第 2~3 代的主要差異在於第 2 代飛龍引擎的鋁罐高於第 3 代鋁罐，另 2、3 代飛龍引擎使用的吸管，加熱時容易軟化所以外層加鋁箔紙。

(3) 第4代飛龍引擎製作過程

第 1-3 代的引擎實驗器材，利用的是常見的鐵罐與鋁罐，還容易取得實驗器材，想進一步探討時，卻苦於器材的製作，利用寒暑假，我參加造物發明的研習，第一次製作時鐘，第二次則製作小引擎，親自體驗車床、銑床、鑽床機械加工樂趣。但是繁重的課業下，無法在課餘有充裕的時間盡情於自己的所好，再加上自己所學僅限於按圖製作小引擎，所以還無法自己畫設計圖，進而加工完成自己理想中的引擎，所幸製作第 3 代引擎時，父親朋友來訪，認為本研究甚有意義，所以也指導學生進行引擎製作，本研究則利用該引擎與自己製作的第 1-3 代引擎，探討交通工具主要動力的引擎，由第 4 代引擎確認實用化之可行性。

第 4 代引擎製作如下：

- ①結合了兩個噴嘴，本體部分採用車削加工做成一桶子設計。
- ②桶子上方攻一螺牙孔，藉以方便 T 型之軸棒連結。
- ③另外桶子的左右兩側上方也鑽孔，方便噴嘴與螺母的對鎖。
- ④軸棒直接固定於吊架之上，透過潤滑減低其摩擦阻力。
- ⑤軸棒部分，使用 10mm 現成的軸棒在一頭攻牙，利用螺絲與墊圈支撐整個重量，另一頭則車成公牙，方便連接桶子。
- ⑥使用氣壓接頭噴嘴。

該種情況下發現下列問題：

- ①車削桶子過重，無法動彈。
- ②軸棒與桶子連接處漏氣。
- ③重量太重，且因軸棒太長，產生干涉。
- ④摩擦係數太高。

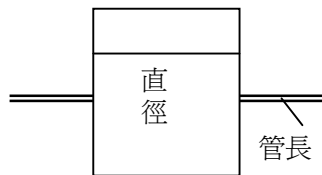
針對以上問題，將車削桶子改成現成較輕之鋁罐，以減輕重量。利用潤滑劑填入軸棒接頭減低摩擦係數，另外縮短軸棒長度，一方面減低軸棒的重量影響，另一方面也避免太長所產生的干涉。

2、實驗過程

(1) 實驗方法

利用 1~3 代引擎做實驗最主要的目的在於確認引擎是否可動，其裝置為(1)利用不同

尺寸的三個引擎測量其轉速，(2)利用不同尺寸的三個引擎在不同水量測量其馬力，(3)以不同火焰大小，測其轉速的變化。若無法動，確認原因，或是什麼樣的規格上是無法動的，若在規格上有問題，再改變設計。三個引擎設計規格如下：








引擎示意圖

(2) 發動引擎

- ①注入少些水並蓋上。
- ②利用休閒瓦斯爐或其他火源在底部加熱。
- ③蒸氣出來時，2 支管子中，若那邊噴出量較大時，出口方稍作調整。
- ④回轉中，蒸氣消失，水沒時，停止加熱，補給水。

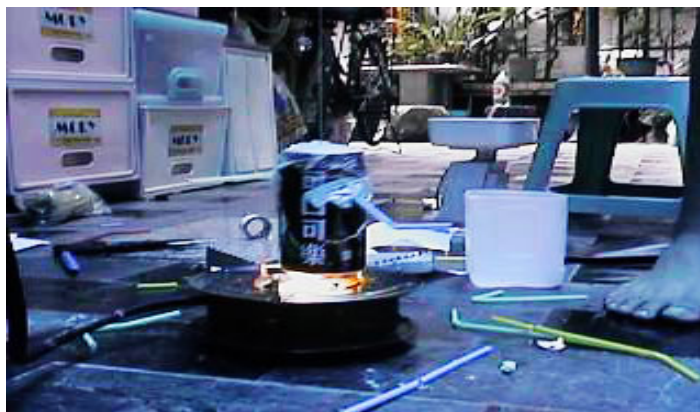
(3) 實驗實況

器材特色	轉動狀況	進 行 實 況
第一代飛龍引擎	不動	
	幾乎不動	

第二代飛龍引擎	慢速轉動	
	慢速轉動	
	慢速轉動	

第三代飛龍引擎

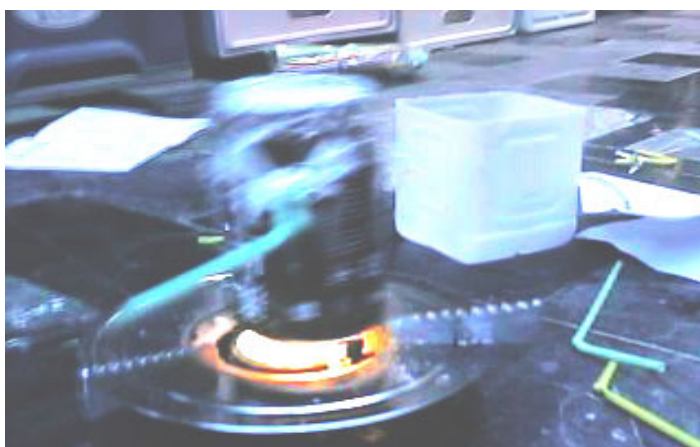
慢慢啓動



加速轉動



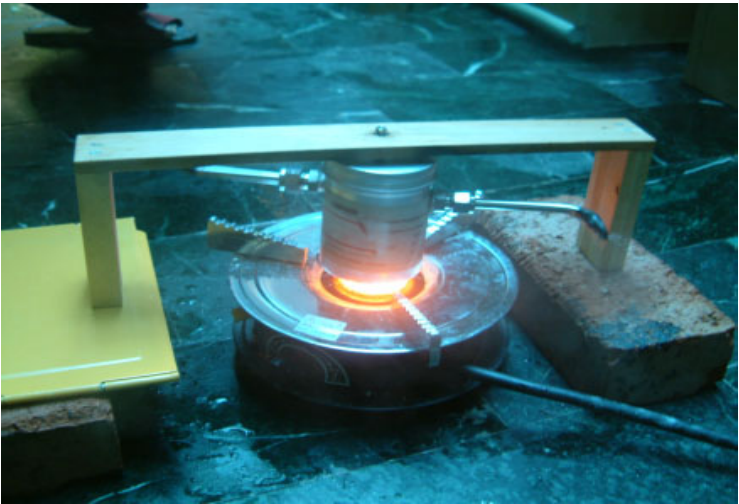
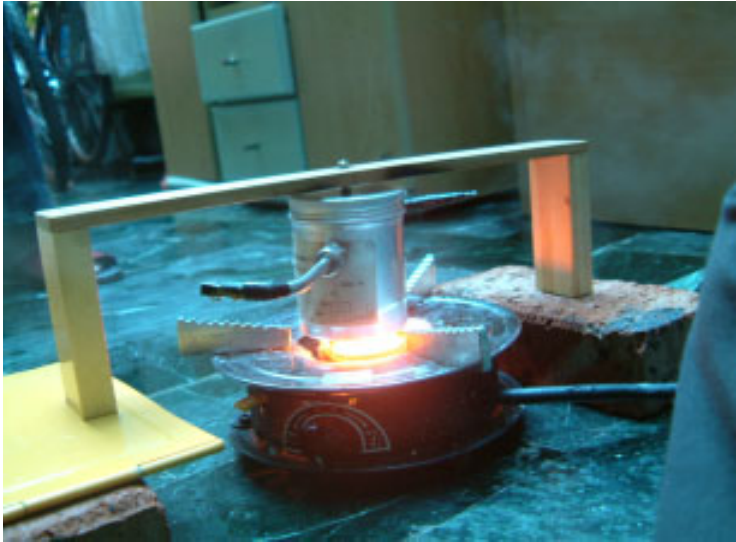

快速轉動



超快轉動 (vcd)
(pct)



第三代飛龍引擎.mpg

第四代飛龍引擎	啓動	
	轉動	
	快速旋轉(vcd)	

叁、研究結果與討論

一 研究結果

1. 可轉動之條件

表 1：可動區與不可動區之發現

引擎規格	直徑(mm)	管長(mm)	器具重(g)	器具重+80g 水重	轉動
1	60	30	10	90	可動區
2	60	60	30	110	
3	60	80	40	120	
4	60	100	50	130	
5	60	100	100	180	不可動區
6	60	100	140	220	
7	60	100	250	330	

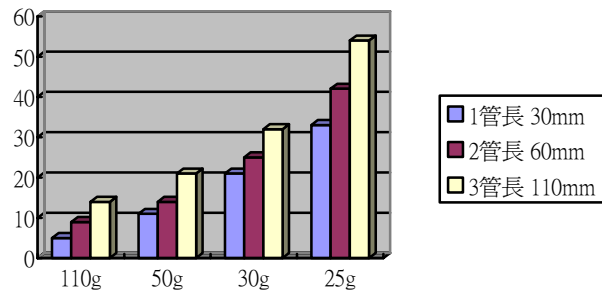
由表 1的結果發現：

- (1) 三個不同引擎規格中，發現引擎轉動與引擎管長很大的相關。
- (2) 引擎規格的設計非常重要，要考慮蒸氣力量是非常小的。
- (3) 引擎馬力的大小與水量有很大的相關，但也要考慮驅動的最小力量。
- (4) 由於蒸氣力量是非常小，需調整引擎管徑出口大小。
- (5) 由於蒸氣力量是非常小，引擎規格的設計重量不得超出 130g。
- (6) 由於蒸氣力量是非常小，必須管子輕量化。

2. 不同管長及水重下之轉速

圖表1：不同管長及水重下的轉速

轉速(rpm) 管長 \ 水重	110g	50g	30g	25g
1 管長 30mm	5	11	21	33
2 管長 60mm	9	14	25	42
3 管長 110mm	14	21	32	54



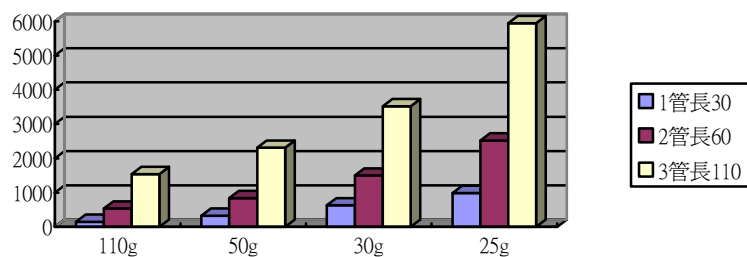
由圖表 1的結果可以發現：

- (1)相同的水重下，管子愈長，轉速愈快
- (2)相同的管長下，水重愈輕，轉速愈快。

3. 不同管長尺寸的馬力

圖表2：不同管長尺寸的馬力

水重 管長	110 g	50 g	30 g	25 g
1 管長 30 mm	$30 \times 5 = 150$	$30 \times 11 = 330$	$30 \times 21 = 630$	$30 \times 33 = 990$
2 管長 60 mm	$60 \times 9 = 540$	$60 \times 14 = 840$	$60 \times 25 = 1500$	$60 \times 42 = 2520$
3 管長 110 mm	$110 \times 14 = 1540$	$110 \times 21 = 2310$	$110 \times 32 = 3520$	$110 \times 54 = 5940$



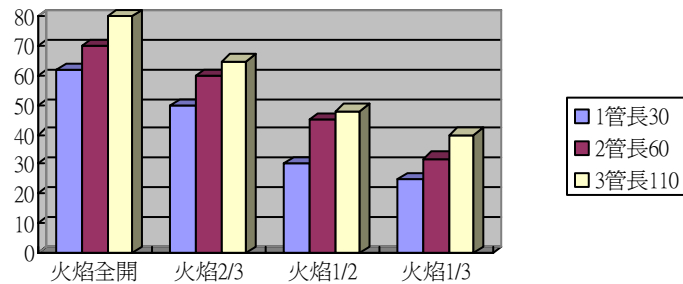
由圖表 2的結果可以發現：

- (1)相同的水重下，管子愈長，馬力愈快
- (2)相同的管長下，水重愈輕，馬力愈快。

4. 不同火焰大小的轉速

圖表3：不同火焰大小的轉速

轉速(rpm) 管長	全開	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
1 管長 30 mm	62	50	30	25
2 管長 60 mm	70	60	45	32
3 管長 110 mm	80	65	48	40



由圖表 3的結果可以發現：

- (1)相同大小的火焰下，管子愈長，轉速愈快
- (2)相同的管長下，火焰愈大，轉速愈快。

5. 實用化

第 4 代飛龍引擎運轉成功，運轉狀況如照片及 VCD 所示。

二、討論

實驗中發現第 1 代飛龍引擎太重，根本無法轉動，所以將飛龍引擎的規格由銅管改以吸管為材料，並且把鐵罐的材料改成鋁材。管長實驗中發現在不同水量及不同火焰下，均有管長越長，馬力越大之趨勢，並且發現相同管長時，水重愈輕或火焰愈大時，轉速愈快。

肆、結 論

根據以上之研究結果，可獲得如下之結論：

- 1.管長越長扭矩越大，引擎馬力隨之變大，是引擎設計時之重要因素。
- 2.火焰越大轉速越大，可見引擎的性能與燃燒相關。
- 3.水量越大轉速越小，係因重量變重，所以引擎馬力反而變小。
- 4.第 4 代飛龍引擎可以飛快運轉，可見本研究之實用性很高。

伍、參考文獻

- 1.荒井久治：エンジン進化の軌跡，日本：山海堂，1998。
- 2.北山直方：熱力学の学び方，第 2 版第 6 刷，日本東京：オ-ム社，1989。
- 3.小林義行：kobysh 科学工作館(<http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/>)。

動力機械(內燃機)模型引擎之研究紀錄

從網上蒐集到如圖 1 及圖 2 的資料後，開始思索究竟哪一種材料適合成為引擎製作的材料，後來經過多次辛苦的實驗，方得知適合的材料組合，以下是這次實驗的製作、啟動方法和注意事項。

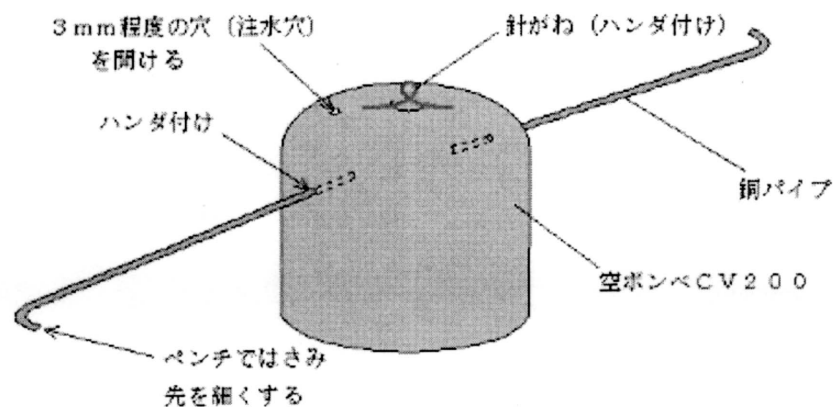


圖 1

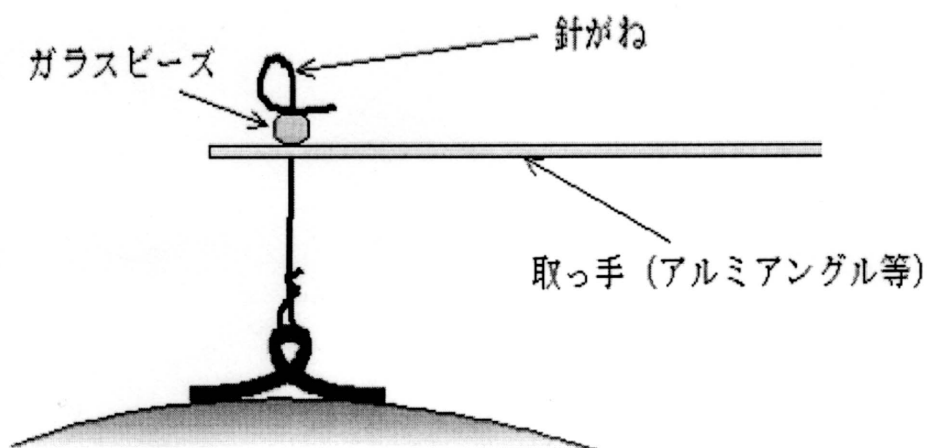


圖 2

由於強力膠罐本身有蓋子，容易成密閉空間，所以選擇強力膠罐再外加銅管。

【製作方式】

- ① 使用鑽頭打開銅管用的孔，並用挫刀整理。
- ② 用鑽頭打開銅管用的注水孔（外徑 3mm）。
- ③ 用 ab 膠將銅線固定於蓋子之上。
- ④ 用 ab 膠將銅管固定於強力膠罐，並將銅管前端彎曲。

[引擎轉動方式]

罐中裝滿水，用火煮沸後，蒸氣由左邊和由右邊噴出，使其轉動，也就是利用蒸氣原理轉動的。

[發現]

結果發現自製引擎不會動，推斷可能的原因有：銅管的重量太重、銅管和罐子沒接好、鑽洞沒有鑽一樣高、銅管沒有壓扁，使蒸氣出來的力量不夠大、兩條線把引擎吊起來，蒸氣出來的力量和上拉的力量互相抵銷……等。

[改進一]

將銅管切一半：重量變輕，在銅管的出口蓋上彩色筆蓋，鑽一小孔，並將銅管稍為壓成剩一小個出口：使蒸氣出來的力量增大，吊起來的兩條線變成一條線：抵銷的力量減少，並且裝水用沸水：減少煮沸的時間。以上的改進後，發現開始轉但是並不快。

[改進二]

限於重量，第 2—3 代飛龍引擎重點在於輕量化，改用鋁罐替代鐵罐、可彎式吸管替代銅管、保鮮膜替代鐵蓋，第 2—3 代的主要差異在於第 2 代飛龍引擎的鋁罐高於第 3 代鋁罐，另 2、3 代飛龍引擎使用的吸管，加熱時容易軟化所以外層加鋁箔紙。

[改進三]

第 1—3 代的引擎實驗器材，利用的是常見的鐵罐與鋁罐，還容易取得實驗器材，想進一步探討時，卻苦於器材的製作，利用寒暑假，我參加造物發明的研習，第一次製作時鐘，第二次則製作小引擎，親自體驗車床、銑床、鑽床機械加工樂趣。但是繁重的課業下，無法在課餘有充裕的時間盡情於自己的所好，再加上自己所學僅限於按圖製作小引擎，所以還無法自己畫設計圖，進而加工完成自己理想中的引擎，所幸製作第 3 代引擎時，父親朋友來訪，認為本研究甚有意義，所以也指導學生進行引擎製作，本研究則利用該引擎與自己製作的第 1-3 代引擎，探討交通工具主要動力的引擎，由第 4 代引擎確認實用化之可行性。

第 4 代引擎製作如下：

- 1.結合了兩個噴嘴，本體部分採用車削加工做成一桶子設計。
- 2.桶子上方攻一螺牙孔，藉以方便 T 型之軸棒連結。
- 3.另外桶子的左右兩側上方也鑽孔，方便噴嘴與螺母的對鎖。
- 4.軸棒直接固定於吊架之上，透過潤滑減低其摩擦阻力。

5.軸棒部分，使用 10mm 現成的軸棒在一頭攻牙，利用螺絲與墊圈支撐整個重量，另一頭則車成公牙，方便連接桶子。

6.使用氣壓接頭噴嘴。

該種情況下發現下列問題：

- 1.車削桶子過重，無法動彈。
- 2.軸棒與桶子連接處漏氣。
- 3.重量太重，且因軸棒太長，產生干涉。
- 4.摩擦係數太高。

[改進五]

針對以上問題，將車削桶子改成現成較輕之鋁罐，以減輕重量。利用潤滑劑填入軸棒接頭減低摩擦係數，另外縮短軸棒長度，一方面減低軸棒的重量影響，另一方面也避免太長所產生的干涉。

發動引擎

1. 由注水孔水注入少些水並用鋁箔將蓋子蓋上。
2. 用手水平持著、酒精燈或其他火原在底部加熱。
3. 蒸氣出來時、2 支管子那邊噴出量較大出口方稍作調整。
4. 回轉中、蒸氣消失、水沒了。加熱停止、補給水。

注意事項

- ★空罐必須將氣體清除。
- ★水繼續加熱時焊容易融解、需注意。
- ★銅管用斷熱材被覆，增加熱效率。

[實驗方法]

實驗最主要的目的在於確認引擎是否可動若無法動確認哪邊有漏氣或怎在規格上是無法動的，若在規格上出問題必須改變設計。三個引擎設計規格如下：

1. 不同尺寸的三個引擎測量其轉速。
2. 不同尺寸的三個引擎測量其馬力。
3. 火焰加大時轉速的變化。

[結果]

- 1.三個不同引擎規格中，發現引擎轉動與引擎管長，有很大的相關。.
- 2.引擎規格的設計非常重要，要考慮蒸氣力量是非常小的。
- : 3.引擎馬力的大小與水量很大的相關，但也要考慮驅動的最小力量。
- 4.蒸氣力量是非常小的，需靠調整引擎管徑出口。
- 5.蒸氣力量是非常小，引擎規格的設計重量不得超出 120g。
- 6.由於蒸氣力量是非常小，所以把管子之材料變成吸管。