

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 電子、電機及資訊科

### 最佳團隊合作獎

091002

### 汽車冷卻系統故障分析

學校名稱：國立屏東高級工業職業學校

作者：  職二 廖羿傑  職二 侯建丞  職二 陳盈銓	指導老師：  陳百宏  詹子儀
---	-----------------------------

關鍵詞：水箱漏水、水位感測器、引擎過熱

## 摘要

本研究以 NISSAN CEFIRO 2.0 A32 架上引擎作為實驗設備，進行各項故障模擬實驗，進行分析比較，找出各種故障的特性。

經過實驗結果顯示，冷卻系統各種故障的差異：

- 一、水箱內部堵塞與外部阻塞：所有水溫皆比正常狀態偏高，上下水管溫差僅 10°C 以內。
- 二、節溫器故障卡死在開啟位置：所有水溫皆比正常狀態偏低，上下水管溫差約 15 ~ 30°C
- 三、節溫器故障卡死致關閉位置：引擎工作溫度過熱，且下水管溫度固定在 22 ~ 25°C。
- 四、水箱漏水與缺水：引擎工作溫度過熱，且上、下水管溫度皆偏高，上下水管溫差約 35 ~ 42°C。為防止因水溫感測器因缺水嚴重而未被冷卻水包覆，其電阻值會誤判為低溫狀態，故改良水溫感測器具有水位感測功能進行補償修正。

經本實驗得知，以引擎工作溫度及上、下水管溫度比較，可有效找出冷卻系統各種元件的故障。

## 壹、研究動機

電視新聞常看到因節溫器故障、水箱損壞或引擎水管破裂，導致水箱漏水，或是水箱精加入不足，使得水箱內部生鏽堵塞，使引擎過熱而造成汽門座變形，產生進排汽門漏氣、怠速不穩定、引擎抖動、行車無力、活塞變形不規則、汽缸壁有刮痕機油無法刮乾淨、所有油封或水管甚至電子產品過熱硬化、節溫器因過熱燒壞、引擎過熱缺水散熱不良，導致變速箱油溫過高等問題，如圖 1 所示。

冷卻系統是引擎運轉時重要的系統，利用水溫感知器偵測水溫訊號，能有效控制引擎溫度。水溫感知器為負溫度係數電阻，當與水接觸時能正確的讀取水溫訊號，但如果引擎缺水過多而使水溫感知器沒接觸到水時，會造成引擎過熱而水溫感知器訊號卻誤判為偏低溫狀態(溫度錶會顯示在偏低溫位置)。

本組在上引擎實習時，經常思考要如何在冷卻系統過熱前，讓駕駛人可以知道缺水，並迅速有效地找到故障點，讓維修更方便也更省錢，所以做了本次研究分析。

本研究運用老師所教導相關課程的知識與技術，如表 1 所示，完成了本研究的分析。



圖 1 汽車行駛公路，引擎溫度過高事件圖

表 1 相關課程

高職課程	與本次研究的相關性
高二電工概論與實習	串並聯電路、抽水馬達
高二電子概論與實習	光電元件、基本邏輯電路
基礎實習	電焊、乙炔氧氣切割器
引擎原理與實習	引擎冷卻系統

## 貳、研究目的

本研究是為了在冷卻系統故障時，能夠提早找出故障的原因，以利維修，達到省時省力及省錢的目的。

本研究方向為：

- 一、收集有關冷卻系統溫度變化、故障現象與故障原因等相關資料。
- 二、量測引擎正常運轉時，引擎工作溫度及上下水管溫度的關係。
- 三、模擬冷卻系統各種故障，量測引擎工作溫度及上下水管溫度的關係。
- 四、分析冷卻系統各種故障，引擎工作溫度及上下水管溫度的關係。
- 五、製作展示成品，提出提早找出故障元件的方法。

## 參、研究設備及器材

表 2 設備零件材料表

使用設備	數量	備註
架上引擎	1 台	
電銲	1 組	
乙炔氧氣切割器	1 組	
電鑽	1 台	
電動磨砂機	1 台	
器具與器材	數量	備註
三用電錶	1 台	
汽車診斷電腦	1 台	
雷射溫度槍	1 支	
溫度計	1 支	
計時器	1 台	
電瓶	1 顆	
角鐵	數支	
壓克力板	2 片	
抽水馬達	1 顆	
水箱	1 只	

電子零件組	數量	備註
紅指示燈	1 顆	
綠指示燈	1 顆	
電阻	1 顆	
電晶體	1 顆	
電烙鐵	1 組	
錫錫	1 組	
麵包板	1 片	
電子板	1 片	
線材	數條	

## 肆、研究過程或方法

### 一、文獻探討

汽車引擎是屬於內燃機工作循環，產生動力的方式是以燃燒汽油產生高溫高壓的氣體以推動活塞移動，汽缸內燃燒的瞬間溫度最高可達 2600°C 以上，此時引擎的活塞、缸體、汽缸蓋、氣門等機件與燃燒高溫氣體接觸而承受高熱。如果引擎得不到有效降溫，將造成汽缸內機件的機械強度變差、汽缸容積效率下降、機油潤滑失效、空燃比失調使引擎異常燃燒、早燃，導致出現嚴重損害引擎的爆震現象。最嚴重的結果是因活塞因熱膨脹過大而卡死在汽缸內（俗稱縮缸），造成活塞、連桿、汽門等等重要機件損壞（註一）。

汽車冷卻系統由汽缸體與汽缸蓋之水套、水泵、散熱器（俗稱水箱）、風扇、節溫器等組成，其功能是將引擎運轉所產生的熱能，經由引擎本體中，水道的水流進水箱，再透過水箱中多孔的水道及散熱片，經由風扇及汽車行駛時所產生的氣流將水溫降低，以達到散熱的功效。經過降溫的水再流回引擎中，將引擎過多的熱能帶出，以達到控制引擎溫度的目的。

現代高速、高馬力引擎產生的熱量大，自然循環不能達到效果，因此均採用壓力式強制循環。冷卻水溫度低時，節溫器關閉，冷卻水只在引擎水套與水泵間循環，稱為小循環。冷卻水溫度達到規定溫度以上時，節溫器打開，冷卻水從引擎水套出來，經水箱冷卻後流回水泵，再打入引擎水套，稱為大循環（註二）。

簡單的說，冷卻系統消極的工作是防止引擎過熱，積極的工作是維持引擎最佳運轉的溫度，以達到高效率的運轉狀態。為達到上述的目的，主要利用下列元件進行有效的控溫：

### (一)水溫感知器

冷卻水溫度感知器安裝在引擎缸體或缸蓋的水套上，與冷卻水接觸，用來偵測引擎的冷卻水溫度，如下圖 2 所示。一般水溫感知器只有一個訊號端子接至引擎電腦，利用感知器外殼作為搭鐵端，以負溫度係數熱敏電阻的電阻變化，來判斷引擎工作溫度（註三）。

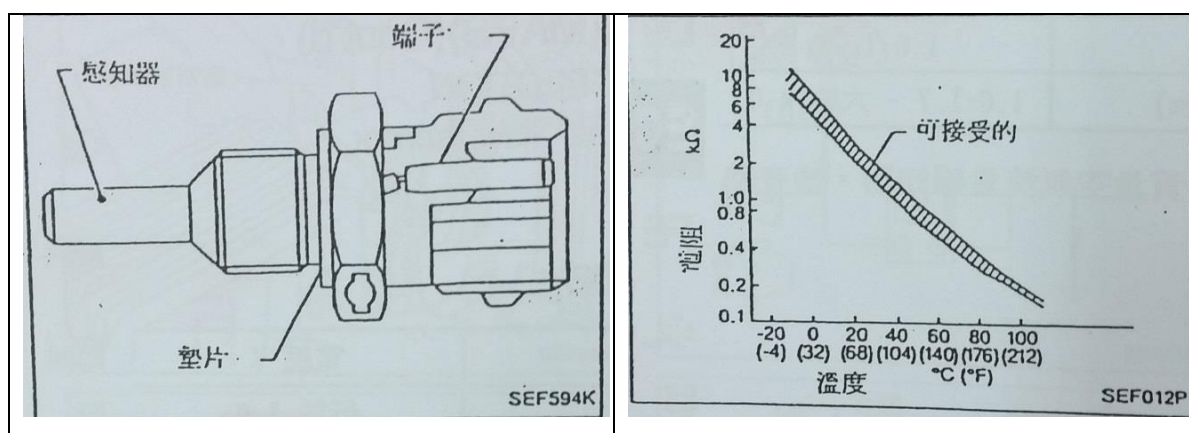


圖 2 A32 引擎修護手冊水溫感知器構造(左)與溫度電阻對照表(右)

### (二)水箱

水箱主要是由散熱器芯子、水管、散熱空氣葉片、上水箱及下水箱等組合而成。上水箱在散熱器上，由水管將上水箱與散熱器下面之水箱相連通，熱水由上而下流到下水箱時變為溫水，散熱空氣葉片則構成孔道，由風扇的抽吸及車子前進行駛時的相對風速，使大量的冷空氣經空氣孔道，將流經水管中冷卻水的熱量吸收，再發散於大氣中（註四）。為維持引擎最佳運轉的溫度，引擎電腦經由水溫訊號控制風扇的運轉時間及風量大小。

為增加冷卻水的沸點，通常採用壓力式水箱蓋。壓力式水箱蓋設有壓力閥與真空閥，壓力閥壓力通常設定在  $0.9 \text{ kg/cm}^2$ ，防止水箱因冷卻水的過度熱漲，造成內部壓力過高而壓破水箱。真空閥則是防止水箱因冷卻水冷縮後產生負壓，造成水箱變形破損。

### (三)節溫器

主要使用的節溫器為蠟式節溫器，如圖 3 所示。當冷卻溫度低於規定值時，節溫器感溫體內的精緻石蠟呈固態，節溫器閥在彈簧的作用下關閉與散熱器之間的通道，冷卻液經水泵返回引擎，進行引擎內小循環。當冷卻液溫度達到規定值，石蠟開始融化逐漸變為液體，體積隨之增大並壓迫橡膠管使其收縮。在橡膠管收縮的同時對推桿作用以向上的推力，推桿對閥門有向下的反推力使閥門開啟。這時冷卻液經由散熱器和節溫器閥，再經水泵流回引擎，進行大循環。（註五）

節溫器依位置分為裝設在引擎出水口處與引擎水口處，本研究採用的 NISSAN CEFIRO 2.0 A32 引擎是裝在引擎進水口管路中，當水溫達 76.5°C 時開啟節溫器進入大循環模式，如圖 3 所示為 A32 引擎的冷卻迴路。節溫器常見的故障為：

1. 節溫器關閉不能打開：當節溫器關閉不能打開時，冷卻系統無法進行大循環，會造成引擎溫度過高而熄火，或是活塞縮缸卡死、汽門燒毀、汽缸床墊燒毀、水套損壞、暖風機水箱及部分水管的損壞等等問題。
2. 節溫器打開不能關閉：節溫器只能打開不能關閉時，冷卻系統無法進行小循環，水溫提高不易，溫車時間拉長，特別是冬季尤其明顯。水溫低，水溫感測器感應到的水溫也低，感測器提供給電腦的電位也低，電腦發出的指令實際就是錯誤的。電腦給噴油嘴的脈衝加寬，噴油量加大，車就耗油了。

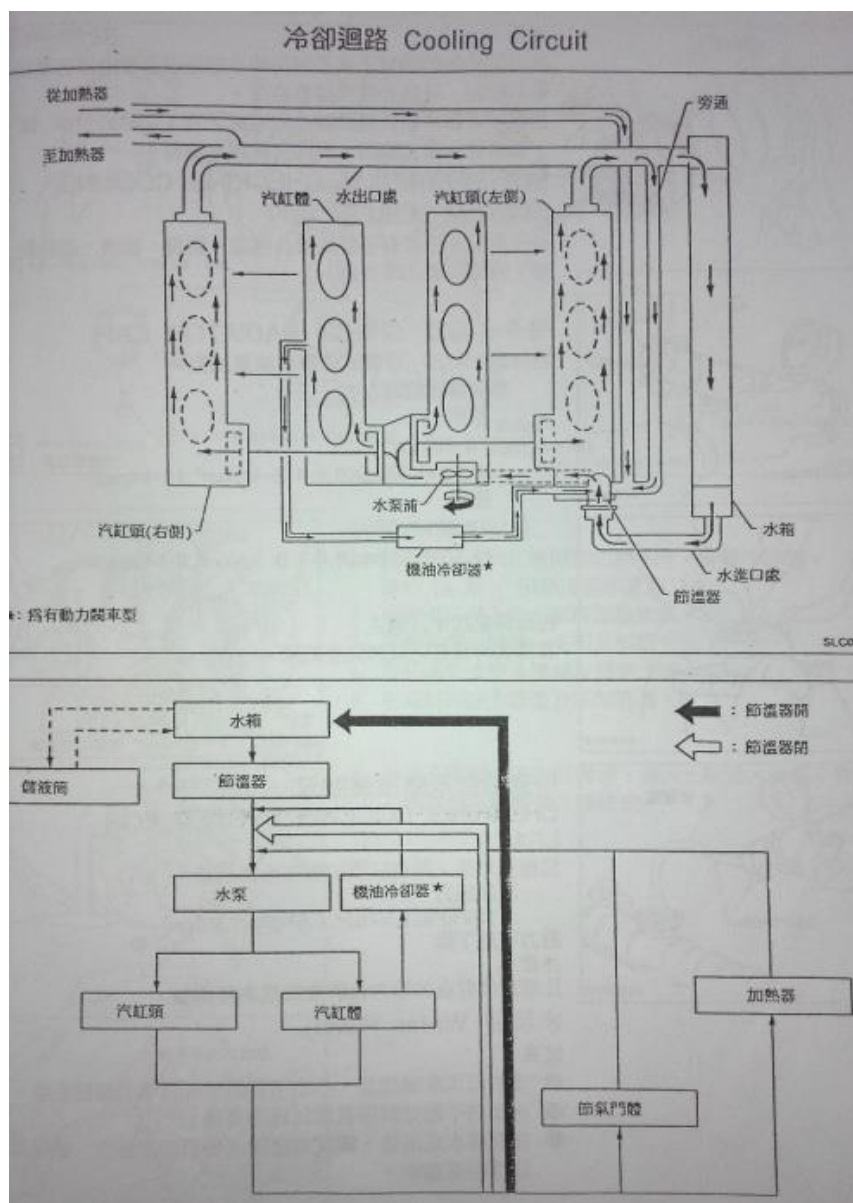


圖 3 A32 引擎的冷卻迴路

#### (四)冷卻風扇

由修護手冊中得知，引擎於正常狀況下在空調關閉情況下，當引擎工作溫度上升至額定溫度 95°C 時，風扇將開始作動；105°C 風扇高速轉動，引擎溫度下降至 92°C，風扇停止作動。如圖 4 所示。

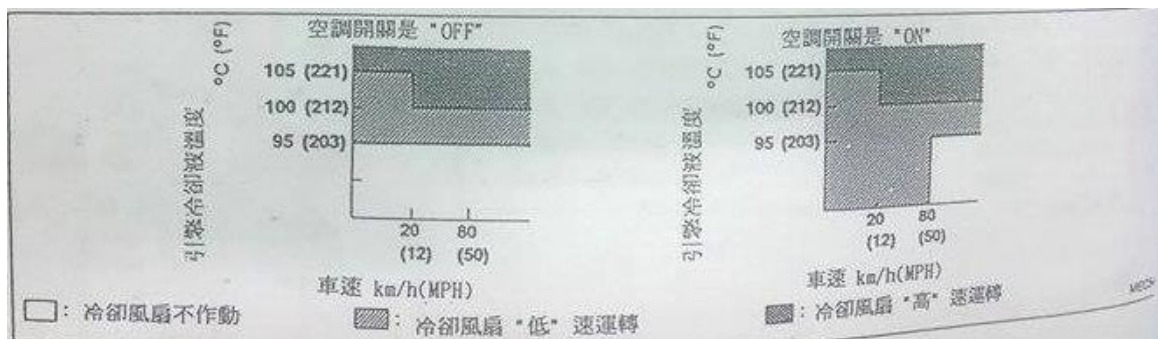


圖 4 修護手冊風扇資訊

如果引擎的冷卻系統不良，將導致引擎的溫度過高，輕者產生氣阻，使引擎運轉不順暢，或引起引擎的爆震，重者使機油失效，潤滑作用不良，再使得氣門燒毀、彎曲、又使得活塞及軸承過熱而膨脹卡死。如引擎工作溫度過低時，則汽油汽化不完全浪費燃油、混合汽分佈不均、引擎機油易被沖淡等（註二）。

在炎熱的天氣下，汽車冷卻系統容易因出現故障，如散熱不良、水位不足、水箱鏽蝕、節溫器生鏽卡死、橡皮硬化龜裂、漏水及壓力式水箱蓋故障等狀況。當汽車長時間行駛下，冷卻水溫度極有可能達到沸點，失去吸熱功能。而水箱生鏽、結垢都是使水箱堵塞的常見問題。導致鏽垢與結垢限制住冷卻液在冷卻系統內的流動，嚴重影響散熱功能。

## 二、理論推導

### (一)熱對流 牛頓冷卻定律 (Newton's Law of cooling)

水箱是水冷式引擎的熱交換器，以空氣對流冷卻之方式，維持引擎正常工作溫度，車子前進行駛時的相對風速，使大量的冷空氣經空氣孔道，將流經水管中冷卻水的熱量吸收，再發散於大氣中。冷卻系統的功用是將引擎中多餘而無用的熱量，從引擎中散發出去，使引擎在各種速率或行駛狀況下均能保持在正常溫度下運作（註六）。

基本關係式:  $Q = hA(T_f - T_w)$

Q: 熱對流速率 ,kW,W,BTU/hr

h: 熱傳係數 (heat transfer coefficient) , $W/m^2 \cdot ^\circ C$  , $BTU/hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$

A: 流體與固體壁面的接觸面積 , $m^2$  , $ft^2$

$T_f$ : 代表流體溫度 , $^\circ C$  , $^\circ F$

$T_w$ : 代表固體壁面溫度 , $^\circ C$  , $^\circ F$



### 三、研究流程

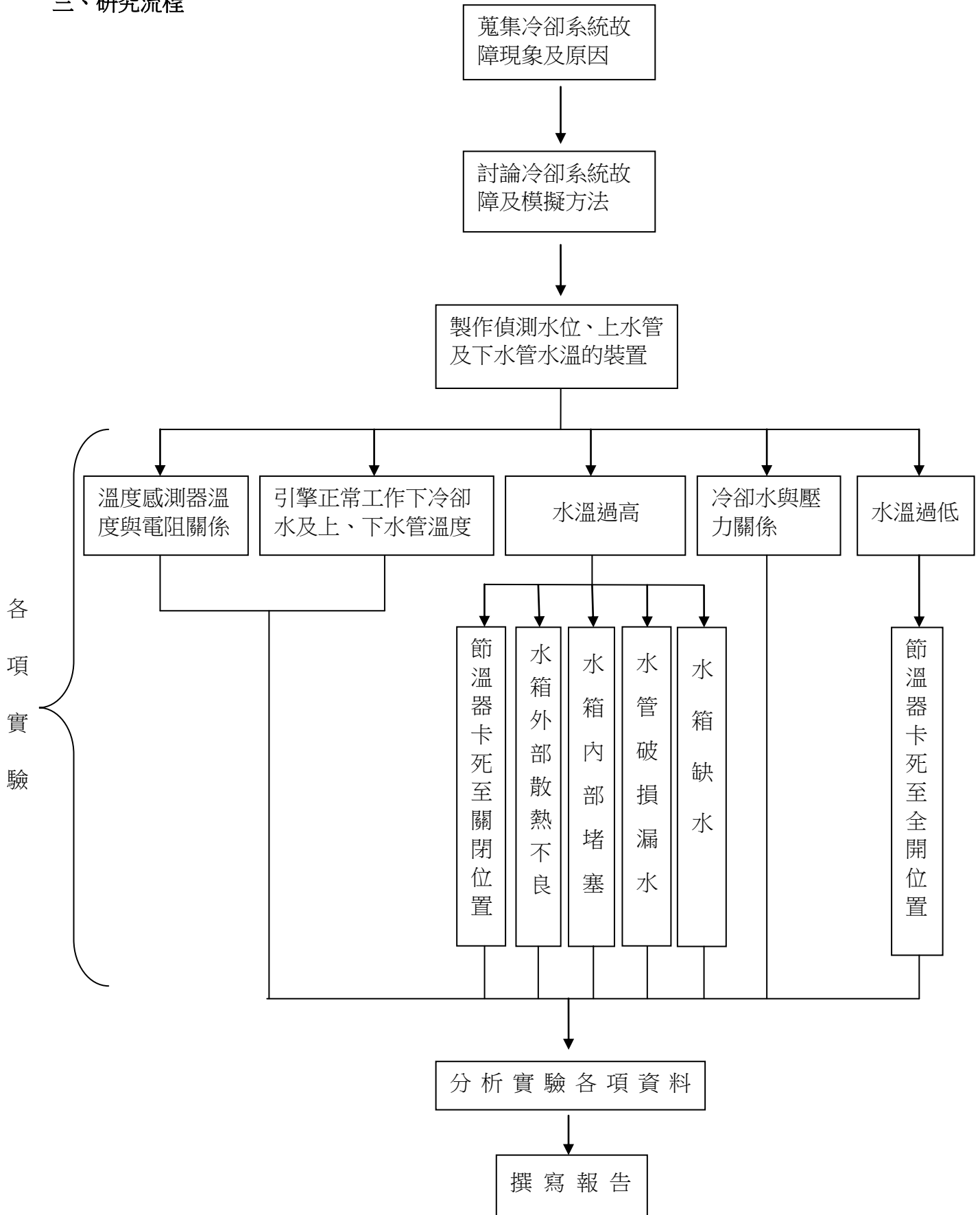


圖 5 研究流程圖

#### 四、實驗過程

##### (一) 實驗設定條件：

1. 使用 NISSAN CEFIRO 2.0 A32 架上引擎。
2. 使用診斷電腦擷取引擎工作溫度（原有的水溫感測溫度），使用雷射溫度槍偵測上、下水管溫度。
3. 引擎達工作溫度 76°C（冷卻系統在大循環狀態）開始紀錄，怠速 750 r.p.m.。
4. 冷卻水使用自來水。
5. 為保護引擎，實驗途中引擎工作溫度達 110°C，立即停止實驗。

##### (二) 製作水位溫度感知器及上下水管的三通管：

1. 在溫度感測器上套上一小段熱縮管，以隔絕水位訊號與溫度訊號接觸。
2. 利用公插頭做為水位感知用，並固定在溫度感測器上，如圖 5 所示。
3. 利用鐵管以便裝設溫度水位感知器，且在鐵管焊上溫度感測器適合的螺牙。
4. 將水位溫度感測器鎖在三通管上。
5. 在三通管上焊上搭鐵。
6. 水位溫度感知器三通管完成，如圖 7 所示。
7. 製作節溫器卡死關閉位置故障。



圖 6 水位溫度感測器



圖 7 自製三通管



圖 8 節溫器卡死關閉位置故障

(三) 實驗項目：

1. 試驗水溫感知器溫度與電阻對照關係。
2. 偵測及紀錄引擎正常狀況下工作溫度與上、下水管溫度變化。
3. 使用水箱壓力試驗器偵測及紀錄水壓對冷卻系統水溫影響試驗。
4. 以固定鉗夾住上水管，使水流量變小，模擬水箱內部水道堵塞的情形，偵測及紀錄引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。
5. 以大垃圾袋套住整個水箱，模擬水箱外部通風散熱有異物阻礙的情形，偵測及紀錄引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。
6. 拆卸節溫器，模擬節溫器卡死至全開位置情形，偵測及紀錄引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。
7. 堵住節溫器水孔，模擬節溫器卡死至閉合位置情形，偵測及紀錄引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。
8. 拆鬆水箱放水孔，以 50 C.C./min 的速度微量漏水，模擬管路破損漏水情形，偵測及紀錄水箱水位、引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。
9. 模擬水箱缺水情形，引擎運轉每 5 分鐘漏掉 200C.C.後立即發動引擎運轉，偵測及紀錄水箱水位、引擎工作溫度與上、下水管溫度變化。

(四) 實驗過程：



圖 9 水位溫度感知器



圖 10 上下水管水位溫度感知器



圖 11 引擎正常工作溫度測試



圖 12 溫度測量



圖 13 水箱內部堵塞

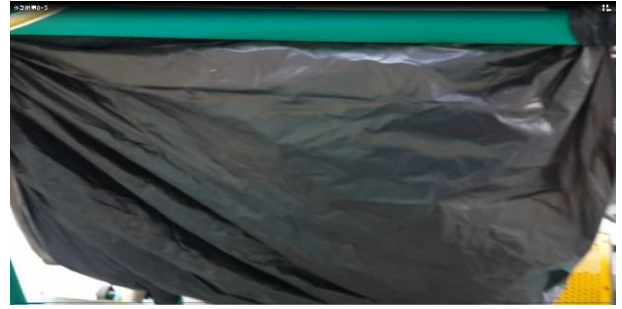


圖 14 水箱外部散熱不良

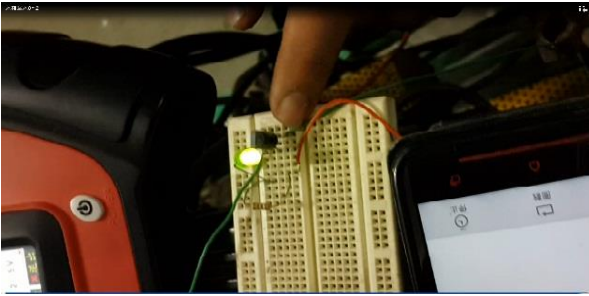


圖 15 缺水指示燈

## 五、模型製作

- (一)設計模型展示台，如圖 16。
- (二)先利用角鐵做出模型展示台的基本架構，如圖 17。
- (三)將要裝設在模型台上的水箱漏水孔連接水管，以便漏水。
- (四)將水箱裝設於模型展示台上。
- (五)利用抽水馬達裝設於展示台，並將抽水口接到水箱下水管，出水口接到上水管，模擬引擎水循環系統。
- (六)將上、下水管分別剪成兩段，安裝自製三通管與溫度感測器。
- (七)製作水位指示燈電路板並安裝之，即模型展示台完成。如圖 19。

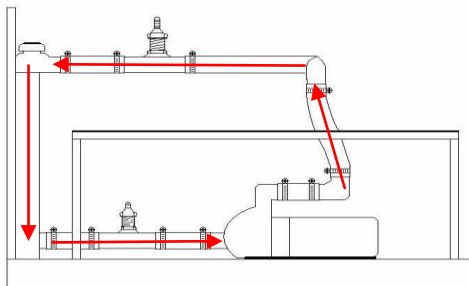


圖 16 模型設計



圖 17 製作模型



圖 18 骨架完成



圖 19 模型展示台完成

## 六、水位警示燈製作

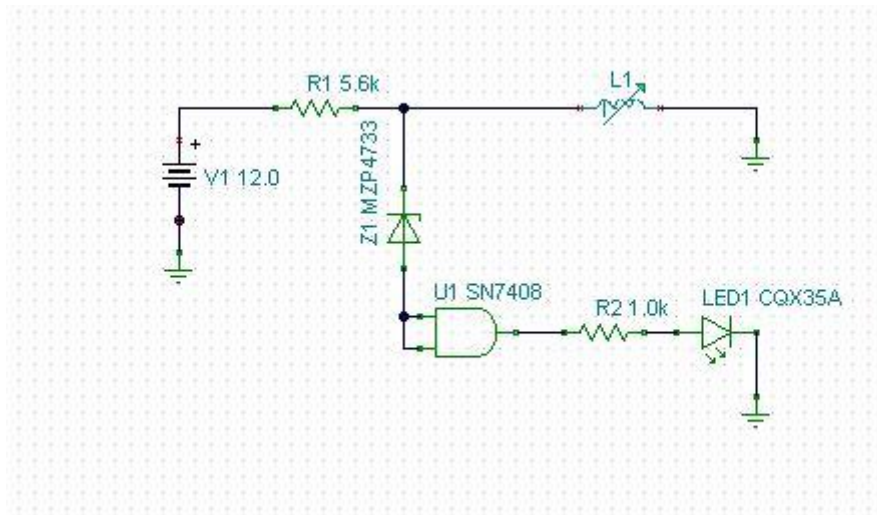


圖 20 水位警示燈電路圖

水位警示器是利用電阻變化做偵測，和 5.6K 的電阻連接，形成一個可以分壓的電路，且利用 5V 的稽納二極體讓電壓當超過 5V 時，使有較大電流流過或閘、電阻和發光二極體，並讓發光二極體發光，警示水位不足。

## 伍、研究結果

### 一、資料分析

#### (一) 水溫感知器溫度與電阻對照試驗

將自製三通管內的上、下水管溫度感知器同時放在同一鍋水，進行溫度與電阻關係測量，如圖 23 所示。

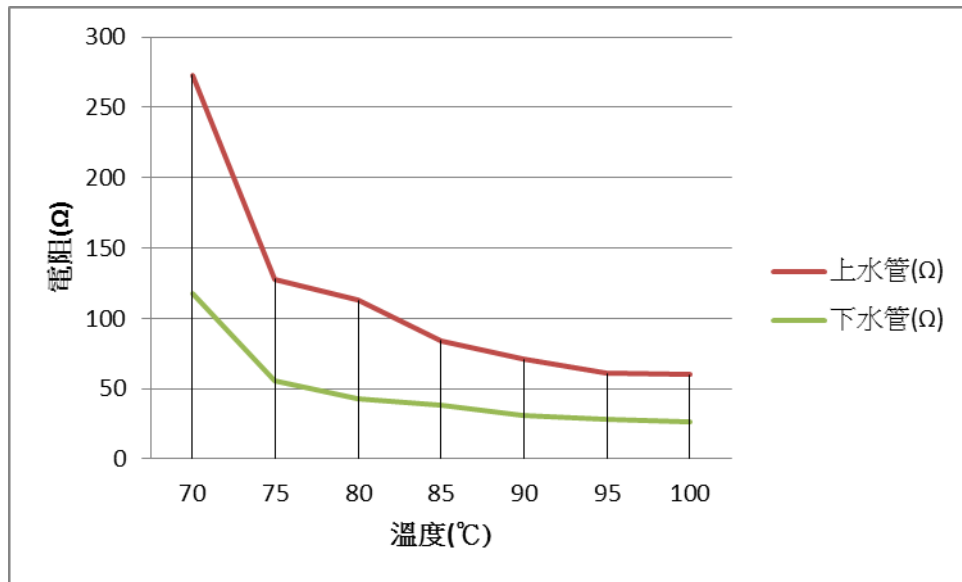


圖 23 水溫感知器溫度與電阻對照表

- 小結：
1. 由圖 23 可知，水溫感知器為負溫度係數溫度感知器，溫度越低電阻越高；溫度越高電阻越低。
  2. 利用水溫感知器溫度與電阻對照表，與雷射溫度槍所測得的上、下水管溫度進行數據比對。
  3. 本表數據有利未來設計相關檢測裝置時的電路設計數據。

#### (二) 引擎達工作溫度後，進行引擎運轉正常狀態溫度測量：

依實驗設定條件，偵測引擎在正常工作溫度下，引擎工作溫度、上水管溫度、下水管溫度與上下水管溫差關係，以利各項數據的比較。

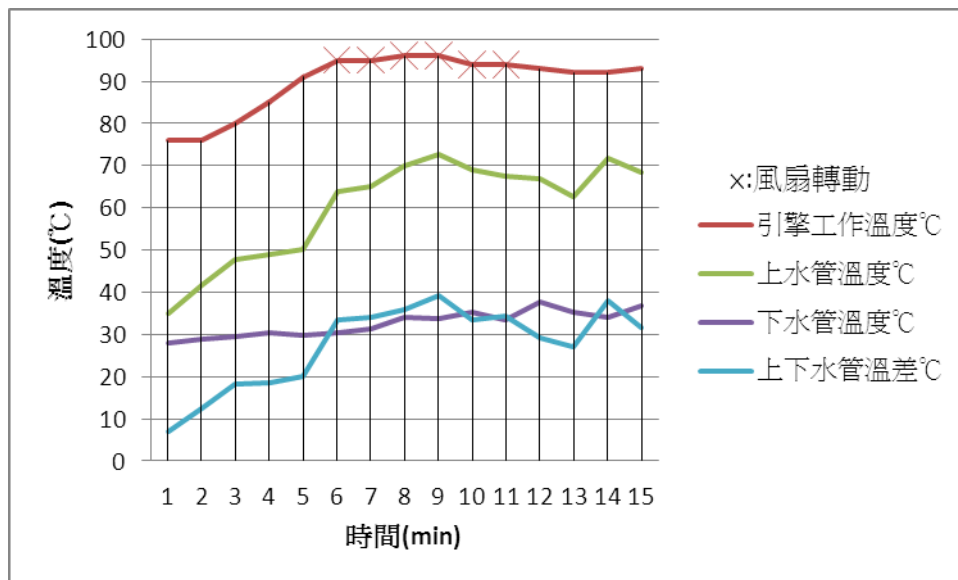


圖 24 正常運轉下，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 引擎在正常作動無故障時，從達到工作溫度後，引擎工作溫度與上下水管溫度，上升下降較為一致，最高工作溫度達 95°C 風扇進行運轉冷卻。
2. 引擎運轉 5 分鐘後，工作溫度在 90 ~ 95°C 徘徊，上水管溫度在 62 ~ 72°C 徘徊，下水管溫度在 30 ~ 38°C 徘徊，上、下水管溫差約落在 30 ~ 39°C。

### (三) 冷卻系統水壓與水溫關係試驗

取下壓力式水箱蓋，使用水箱壓力試驗器取代壓力式水箱蓋，分別進行引擎正常運轉狀態(如圖 21 所示)與引擎運轉時水箱以 50 C.C./min 的速度微量漏水(如圖 22 所示)，測試其水壓與水溫的變化狀況。

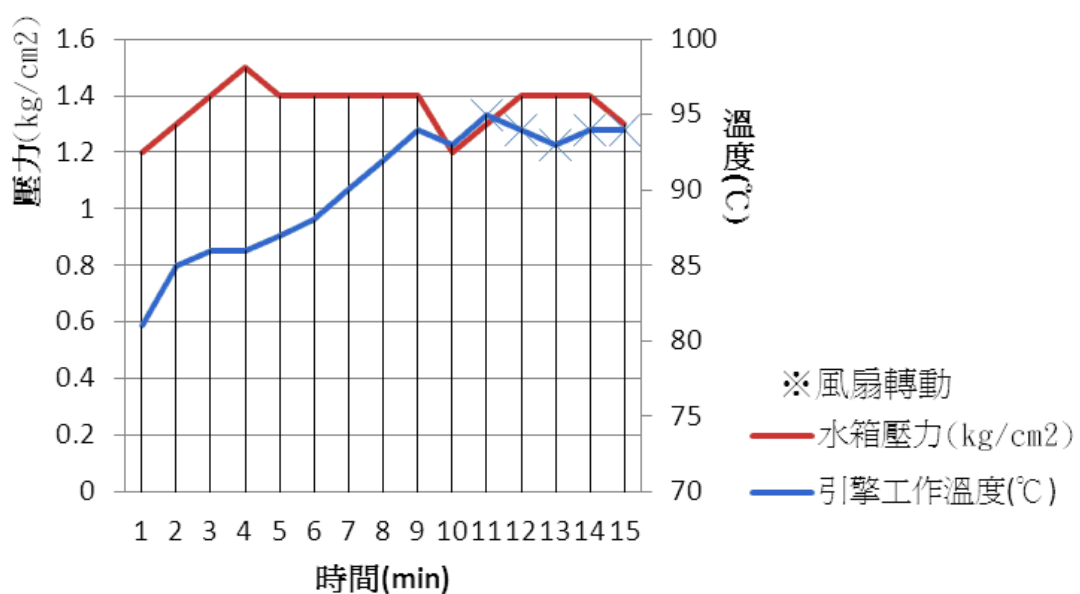


圖 21 正常運轉下，引擎工作溫度與水箱壓力關係圖

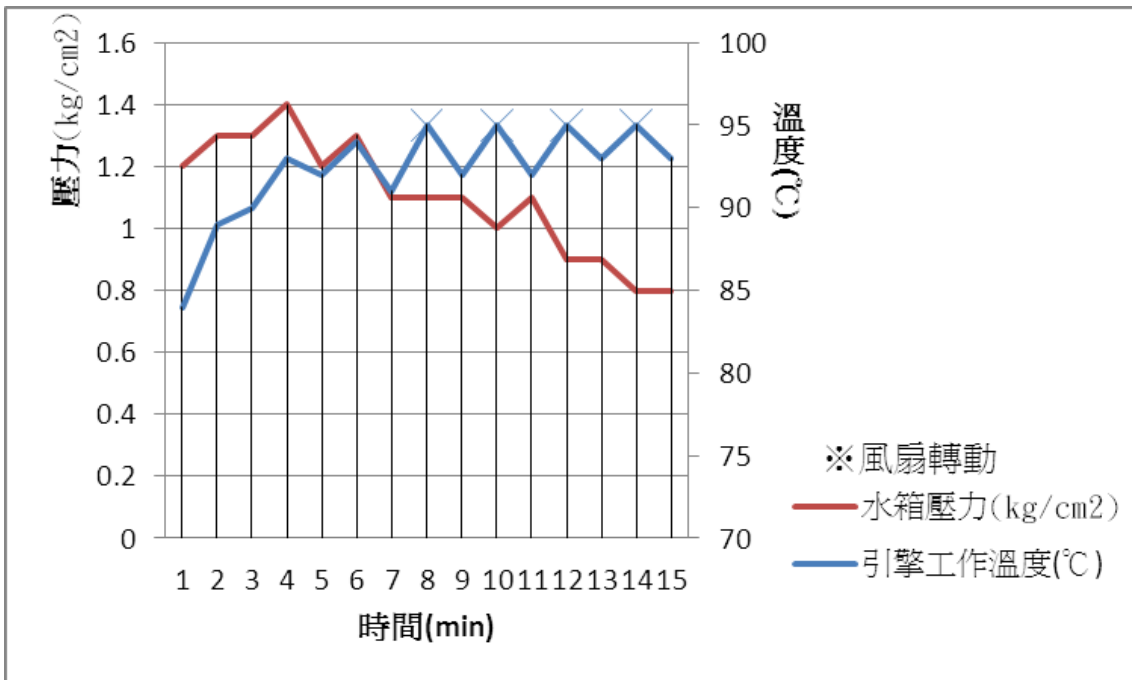


圖 22 模擬水箱漏水狀況，引擎工作溫度與水箱壓力關係圖

- 小結：1. 如圖 21 所示，在取下壓力式水箱蓋下，引擎正常運轉的水箱壓力皆在 1.2 ~ 1.5kg/cm<sup>2</sup> 左右，但實際上受限於壓力式水箱蓋壓力閥，水箱壓力不會超過 0.9 kg/cm<sup>2</sup>。
2. 在 15 分鐘內以 50 C.C./min 的速度微量漏水，水箱壓力從最高 1.4 kg/cm<sup>2</sup> 降至 0.8 kg/cm<sup>2</sup>，平均漏水量每 100 C.C. 使水壓下降 0.08 kg/cm<sup>2</sup>，如圖 22 所示。
3. 由上可知，偵測冷卻水壓可了解冷卻系統漏水問題，但無法了解冷卻系統阻塞問題

#### (四) 模擬水箱內部水道堵塞的情形試驗

用固定鉗將靠近水箱的上水管夾住，使水流量變小，模擬水箱內部水道堵塞的情形。

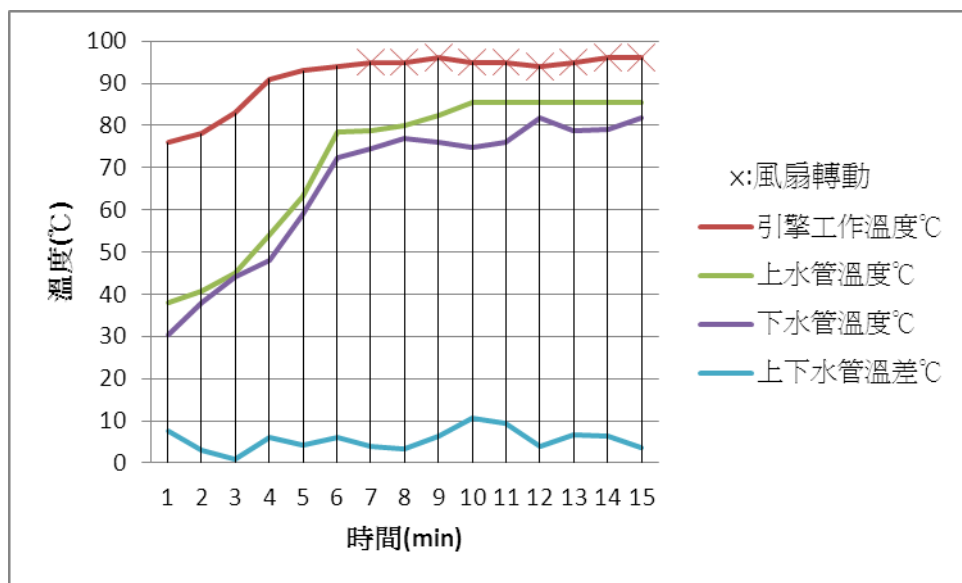


圖 25 引擎水箱內部堵塞時，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖



- 小結：1. 引擎運轉 5 分鐘後，引擎工作溫度維持在 95°C 左右，水溫雖然偏高，但依然能繼續進行大循環，評估因是未完全夾住上水管截面積，故水箱內部堵塞不嚴重。
2. 上水管溫度(78 ~ 86°C)與下水管溫度(72 ~ 82°C)皆偏高，兩者溫差僅 10°C 以內。

#### (五) 模擬水箱外部通風散熱有異物阻礙的情形

用垃圾袋將水箱套住，模擬水箱外部通風散熱有異物阻礙的情形。在實驗中，因引擎工作溫度不斷上升，在第 14 分鐘時達 110°C，為保護引擎壽命，本實驗中斷於第 14 分鐘。

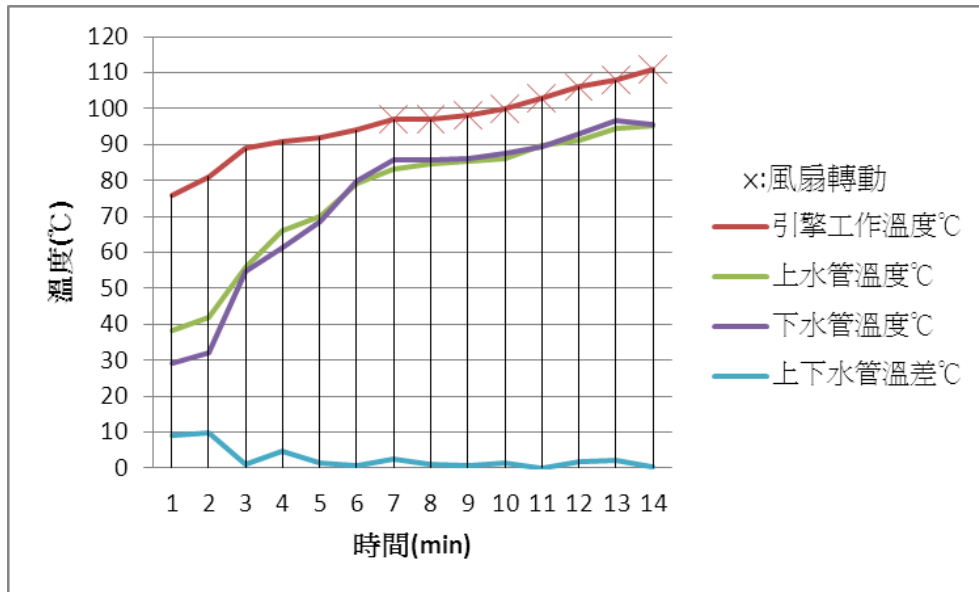


圖 26 引擎水箱外部散熱不良，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 引擎運轉 5 分鐘後，引擎工作溫度不斷上升至 110°C，冷卻系統有進行大循環但散熱效果極差，在風扇轉動後溫度也無下降趨勢。
2. 上水管溫度與下水管溫度也不斷升高且幾乎重疊，兩者溫差僅 2°C 以內。
3. 造成水箱外部阻塞原因多為散熱鱗片變形擋住散熱通道或散熱鱗片灰塵過多導致散熱不良，實際上常見此類故障應該仍有部分散熱效果。

#### (六) 模擬節溫器卡死至全開位置情形試驗

將引擎節溫器拆掉後，裝回水管及外殼，以模擬節溫器卡死至全開位置情形。

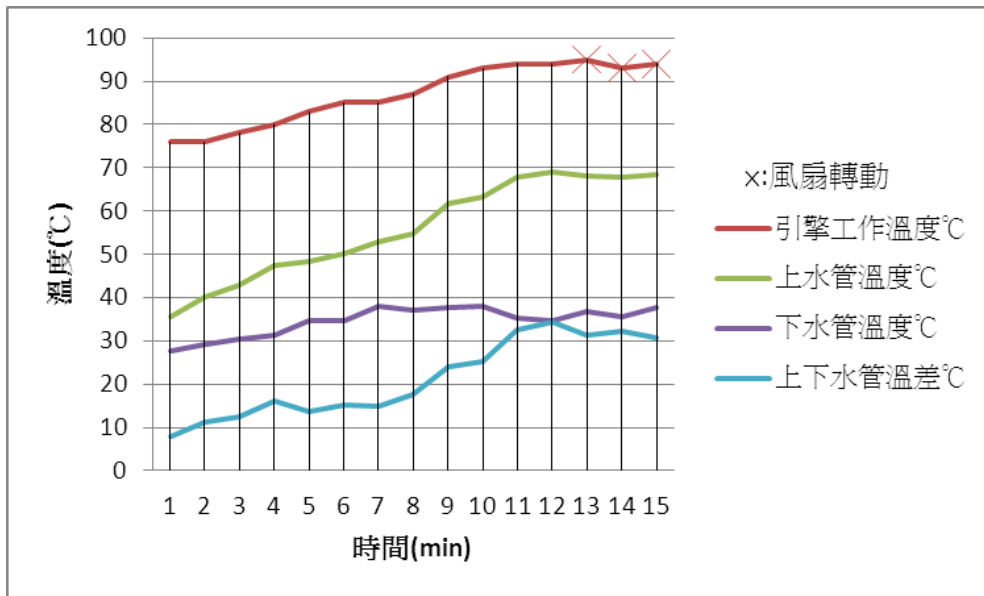


圖 27 模擬節溫器故障卡死至全開位置，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 冷卻系統直接進行大循環容易散熱，導致引擎工作溫度及上、下水管溫上升較慢，引擎工作溫度達 90°C 需要 9 分鐘，而正常狀態只需 5 分鐘。  
 2. 在同一時間下，引擎工作溫度與上、下水管溫度皆比正常狀態稍微偏低，上下水管溫差亦偏低約 5 ~ 10°C。

(七) 模擬節溫器卡死至閉合位置情形試驗

將引擎節溫器拆掉後，堵住節溫器出水口，裝回水管及外殼，以模擬節溫器卡死至閉合位置情形。

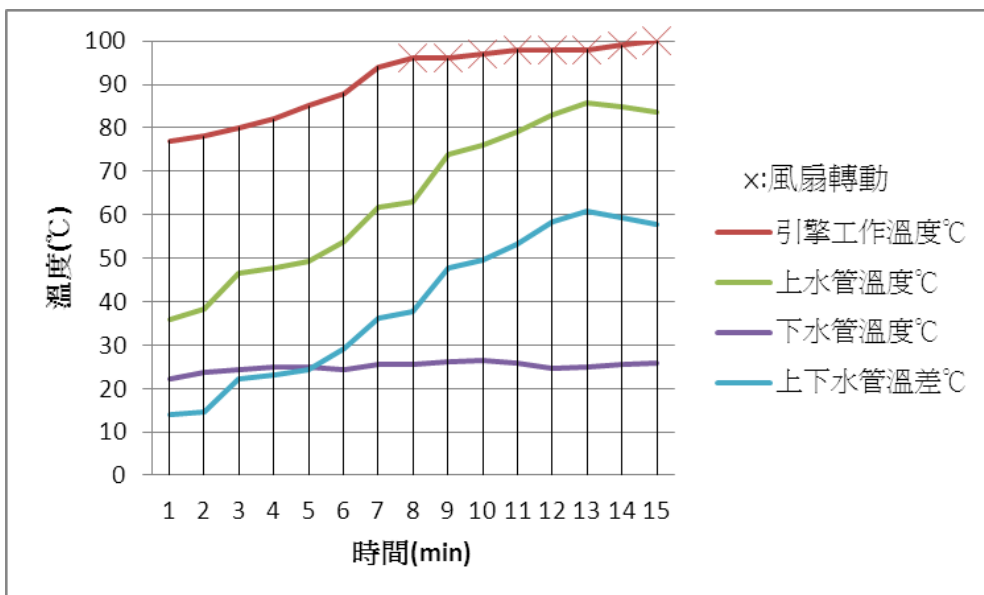


圖 28 模擬節溫器故障卡死至關閉位置，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 達節溫器開啟時溫度時，節溫器無法開啟，使冷卻系統無法進行大循環冷卻效果，引擎工作溫度明顯偏高，處於過熱狀態(超過 95°C)。

2. 上水管溫度不斷上升，最高達 85°C，與引擎工作溫度差距不足 15°C，下水管溫度維持在 22 ~ 25°C 為明顯的判斷點，兩者溫差較大(25~60°C)，評估此溫差較大原因是上水管水無法流至下水管散熱導致。

#### (八) 模擬管路破損漏水情形試驗

拆下放水螺絲，裝上控制閥門，以 20 分鐘總漏水量為 1000C.C.進行實驗(漏水流速為 50 C.C./min)，以模擬管路破損漏水情形。

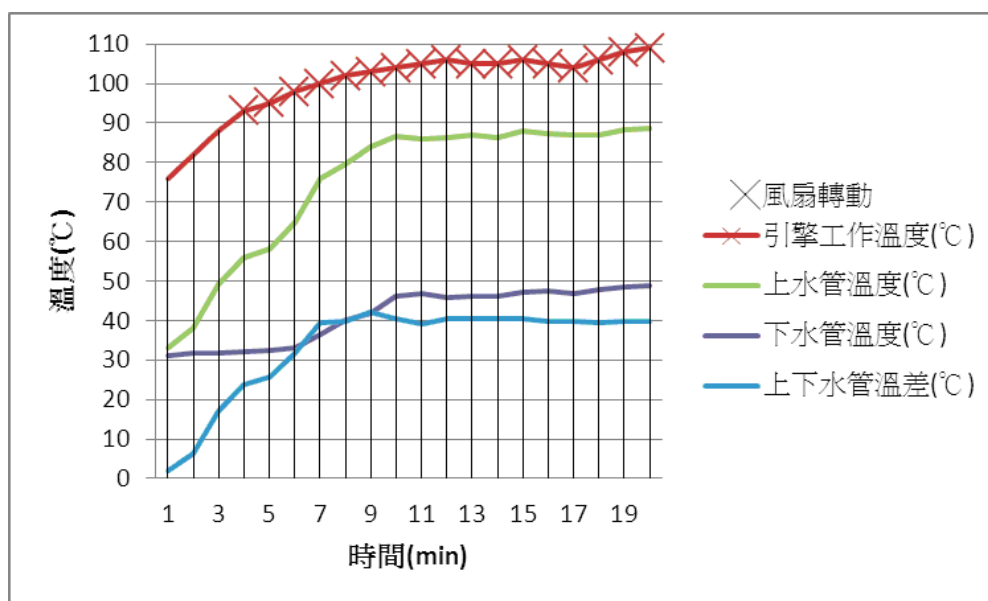


圖 29 水管破損漏水，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 因為水箱破損漏水，引擎工作溫度隨著時間明顯拉高，風扇於 4 分鐘就開始運轉，引擎處於過熱狀態(超過 95°C)。
2. 在第 8 分鐘後，上水管溫度約在 80 ~ 88°C 左右，下水管溫度約在 40 ~ 50°C 左右，上、下水管溫度皆上升偏高，兩者溫差微偏高(40°C 左右)但接近正常狀態，是明顯的判斷點。
3. 本實驗為水管破損漏水情形，此時冷卻系統無法建立水壓，且因水箱缺水時無真空吸力作用，副水箱水無法有效補給冷卻水。

#### (九) 模擬水箱缺水情形試驗

引擎運轉每 5 分鐘漏掉 200C.C.後立即發動引擎運轉，偵測及紀錄水箱缺水 200 C.C.、400 C.C.、600 C.C.、800 C.C.及 1000 C.C.的引擎工作溫度與上、下水管溫度變化模擬水箱缺水情形。

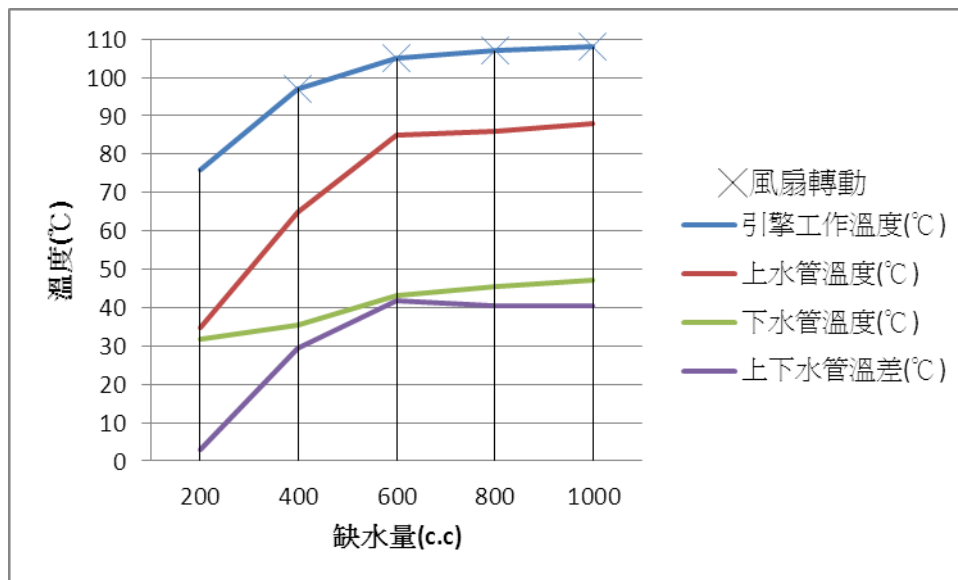


圖 30 水箱缺水，引擎工作溫度與上下水管溫度時間圖

- 小結：1. 因為水箱破損缺水，引擎工作溫度隨著時間明顯拉高，風扇於 5 分鐘就開始運轉，引擎處於過熱狀態(超過 95°C)。
2. 在第 9 分鐘後，上水管溫度約在 80 ~ 88°C 左右，下水管溫度約在 40 ~ 50°C 左右，上、下水管溫度皆上升偏高，兩者溫差微偏高(40°C 左右)但接近正常狀態，與水箱漏水情形接近。
3. 研判為當水箱內缺水時，冷卻水容易蒸發成水蒸氣，吸熱效果差，此時有無水壓對水溫並不影響。

## 二、總結

本研究分析如表 3 所示，其各項故障的水溫特性為：

表 3 模擬各項故障特性之水溫比較表

項目	引擎工作溫度	上水管水溫	下水管水溫	上下水管溫差
正常狀況	90 ~ 96°C	62 ~ 72°C	30°C~38°C	30 ~ 39°C
水箱內部堵塞	正常偏高(95°C)	偏高 14°C 左右	偏高 42°C 左右	5 ~ 10°C
水箱外部堵塞	過熱(超過 95°C)	偏高 22°C 左右	偏高 53°C 左右	1 ~ 3°C
節溫器卡在開啟	偏低 0 ~ 13°C	偏低 2 ~ 12°C	正常偏低	15 ~ 30°C
節溫器卡在關閉	過熱(超過 95°C)	偏高 13°C 左右	固定在 22 ~ 25°C	25 ~ 60°C
水箱漏水	過熱(超過 95°C)	偏高 17°C 左右	偏高 11°C 左右	35 ~ 42°C
水箱缺水	過熱(超過 95°C)	偏高 17°C 左右	偏高 11°C 左右	35 ~ 42°C

以引擎工作溫度與上、下水管溫度比較，冷卻系統各種故障的差異性為：

- (一)水箱內部堵塞與外部阻塞：所有水溫皆比正常狀態偏高，上下水管溫差僅 10°C 以內，無論水箱內部阻塞或是外部阻塞，其解決方法皆為更換水箱。
- (二)節溫器故障卡死在開啟位置：所有水溫皆比正常狀態偏低，上下水管溫差約 15 ~ 30°C。
- (三)節溫器故障卡死致關閉位置：引擎工作溫度過熱，且下水管溫度固定在 22 ~ 25°C。
- (四)水箱漏水與缺水：引擎工作溫度過熱，且上、下水管溫度皆偏高，上下水管溫差約 35 ~ 42°C。

考慮本研究採用溫度雷射槍進行上、下水管溫度量測，實際上若水溫感測器因缺水嚴重而未被冷卻水包覆，其電阻值會誤判為低溫狀態，故改良水溫感測器具有水位感測功能進行補償修正，以確實判定本故障。

另外，因改良水溫感測器具有水位感測功能，與水壓感測功能重疊，故本研究未將水溫與水壓關係試驗列入故障分析內。

## 陸、討論

- 一、以引擎工作溫度與上、下水管溫度比較，可明顯看出冷卻系統各種故障的差異性。
- 二、為防止水溫感測器在實際缺水過多狀態下，可能會有溫度誤判，加裝水位感測器進行補償修正。
- 三、本研究以上下水管溫差可有效及時找到冷卻系統大部分的故障問題。
- 四、本研究採用 NISSAN CEFIRO 2.0 汽車，其節溫器裝設在引擎入水口管路，若改採用節溫器裝設在引擎出水口管路，其研究數據應有所差異。

## 柒、結論

台灣位於亞熱帶地區，夏日時溫度經常達到 35 °C，故曝曬於艷陽下的汽車內部水箱溫度普遍偏高，且一般車體內並無裝設水位感知器，而正常情況下車主不會刻意去檢查水箱水，因此，在冷卻系統發生故障時，溫度往往會升高，尤其在炎熱的天氣下汽車水箱易出現小故障，如水位不足、水箱鏽蝕、漏水等狀況。此時，水箱溫度極有可能達到沸點，而水箱生鏽、結垢都是使水箱堵塞的常見問題。導致鏽垢與結垢限制住冷卻液在冷卻系統內的流動，嚴重影響散熱功能。

經本實驗得知，冷卻系統各種元件的故障，其引擎水溫、上、下水管溫差都不同，因此可藉由這些訊號來判斷故障的元件。然而，本實驗進行故障分析中，因為有冷卻系統大小循環關係，冷車時溫度較不穩定，熱車時溫差也會因天候溫度、車速等因素而有所落差，本實驗目前僅以引擎靜止(無車速)下發動測試，若要製作出一套完整的診斷裝置，仍需要更多的實驗數據。

本組在過程中也嘗試了很多方法，包括利用水箱壓力來判斷水量、水箱旁通管、壓力感知器等，皆以失敗告捷。直到多次的實驗與討論，才將水溫感知器改良成能夠同時測出水位和水溫，測得水箱各種故障時的水溫溫度，實驗水位指示器是否能使用，分析水箱各種故障時的水溫溫度。期許，本實驗所做之分析，在未來能夠對相關汽車的冷卻系統能有更大的貢獻，且能夠做出整合系統。

## 捌、參考資料

- 一、黃靖雄（1993 年），汽車學(一)，台中，正工出版社。
- 二、Gabriel Chang（2007 年 05 月 26 日）·水箱溫度簡介·yam 蕃薯藤·取自  
<http://blog.yam.com/gabrielchang/article/9053888>
- 三、eatontseng（2014 年 01 月 03 日）·溫度感知器相關知識 ·「曾教授與古董保時捷」部落格·取自  
<http://eatontseng.pixnet.net/blog/post/102731098-%E7%AC%AC%E5%8D%81%E4%B8%89%E7%AB%A0%EF%BC%9A%E8%BB%8A%E7%94%A8%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8%E4%BB%8B%E7%B4%B9>
- 四、Alex-Chen（2009 年 9 月 26 日）·整理文－水箱工作原理－01·*SAAB INFO*·取自  
<http://www.saabclub.asia/forum/viewtopic.php?f=70&t=9424>

五、節溫器-結構及工作原理・取自台灣 Wiki 網站

<http://www.twwiki.com/wiki/%E7%AF%80%E6%BA%AB%E5%99%A8>

六、陸紀文・熱傳學-自編講義第五章・取自國立勤益科技大學冷凍空調與能源系

<http://www.rac.ncut.edu.tw/subject/%E7%86%B1%E5%82%B3%E5%AD%B8-%E8%87%AA%E7%B7%A8%E8%AC%9B%E7%BE%A9/File02%20%E7%86%B1%E5%82%B3%E5%AD%B8%E7%AC%AC%E4%BA%94%E7%AB%A0.pdf>

七、邱傳福（2007 年）・汽車水溫感知系統之特性分析與故障檢測・台灣博碩士論文知識加值系統・取自 <http://handle.ncl.edu.tw/11296/ndltd/22322702201154677172>

八、高敏聰〈2011〉・電工概論與實習・新北市：台科大圖書股份有限公司。

九、蔡燕山、蔡賜琦〈2011〉・電子概論與實習・新北市：台科大圖書股份有限公司。

十、蔡朝洋〈2011〉・數位邏輯實習・新北市：全華。

十一、高義軍〈2004〉・現在汽車電子學・新北市：全華。

十二、趙文龍〈2008〉・電子電路實習・台北縣：台科大圖書股份有限公司

十三、淺談汽車在夏季維護・開平橋路收費管理站・取自

<http://jiaotongjituan.kaiping.gov.cn/kpshoufei/samples/%E8%BD%A6%E8%BE%86%E7%BB%B4%E6%8A%A4.htm>

## 【評語】 091002

1. 本專題雖有量測汽車冷卻系統故障緣由之創新構想，且透過實驗、分析並擬定可能的故障點，唯系統的故障推論仍有待透過專家進行信度的考驗較為適當。
2. 專題所使用的技術以溫度等感測元件配合單晶片運作，專題以電子、資訊應用為主，創新研發之處以冷卻箱故障偵測為主，建議可提昇電子、資訊的創新研發。