

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 機械科

最佳團隊合作獎

090903

汽車引擎冷卻系統過熱偵測保護裝置

學校名稱：國立臺東專科學校附設高職部

作者： 職三 謝家榮 職二 鄭朝元 職二 鍾皇宇	指導老師： 楊家勝
---	------------------

關鍵詞：節溫器故障、輔助冷卻系統、引擎過熱警示

摘 要

本研究目的為針對汽車引擎冷卻系統故障時，建置能有效避免冷卻液溫度過高的保護裝置。實驗主要是利用淘汰車輛引擎的冷卻水管為材料，配合系統裝置位置加工，以改變管路長度及彎曲角度，並從文獻中學習系統感知器、作動器及電路設計，在冷卻水管上加上相關控制閥及冷卻風扇，再以微電腦控制板的程式作為控制單元，使系統能根據設定達成控制目的。實驗結果顯示，當節溫器故障時，冷卻液可經由旁通水管到輔助散熱器，讓冷卻液順利獲得熱交換，若加上水箱冷卻風扇故障，系統亦能在安全的引擎轉速範圍內發揮功效，若系統無法輔助降低水溫，亦會即時啟動高溫警示訊號。本實驗所建置之汽車引擎冷卻系統過熱偵測保護裝置確實能有效保護引擎並警示駕駛。

壹、研究動機

日常生活中不難注意到一些臨停路邊故障拋錨車引擎室裡冒出白煙，或是電視新聞報導引擎室自行著火燃燒的火燒車事件，當學校課程學習到汽車引擎原理與實習時，對於冷卻系統作用原理與可能故障原因特別感興趣，也發現引擎許多問題是可以透過定期保養檢修避免產生，但仍有部分零件故障是難以預測且容易造成引擎嚴重損壞。

引擎為維持最佳的燃燒狀態，需要冷卻系統來維持一定的工作溫度。引擎的冷卻系統分為氣冷式和水冷式兩種。氣冷式冷卻系統是在汽缸周圍設計散熱片，將引擎過多的熱源排散。散熱片是單純的結構，不會因故障而導致引擎過熱。水冷式冷卻系統是利用引擎內部循環冷卻液將過多的熱源排散，水冷式冷卻系統主要的零件包含水箱、水管、節溫器、水泵、冷卻水道、冷卻風扇等，系統結構較氣冷式複雜，但此系統可以控制引擎水溫在一定的範圍裡，讓引擎可以保持在理想的工作溫度，使引擎獲得高效率的運轉。因此，目前販售的汽車大多數是採用水冷式冷卻系統。

水冷式冷卻系統中的零件以裝置在引擎冷卻水道的節溫器最不易查覺故障發生，當故障是產生在節溫器全閉的位置時，引擎冷卻液無法有效循環散熱，停滯無法流動的冷卻液會造成引擎金屬熱量的累積而導致熱點，甚至水蒸氣泡的發生，短時間內便會導致引擎過熱，嚴重時會造成引擎故障大修，造成駕駛者時間、金錢損失等諸多不便。本研究為避免駕駛者因冷卻系統節溫器故障而影響到行車安全，所以想結合基礎機械加工實習、電工電子實習與儀器檢驗實習課程的知識與技能，發展出能即時偵測冷卻液溫度的保護裝置，當水溫異常升高時，就能啟動強制降低冷卻液溫度功能，以維持冷卻系統的正常運作，若仍無法有效降低冷卻液溫度，就會立即警示駕駛者。

貳、研究目的

水冷式冷卻系統是利用引擎水溫感知器來偵測引擎溫度，一般都是指示引擎水溫高低。當冷卻系統節溫器故障在關閉位置或是冷卻風扇故障，引擎溫度就會異常升高，若駕駛沒注意引擎水溫錶變化仍持續駕駛，引擎易過熱進而導致嚴重損壞。本實驗擬針對冷卻系統節溫器故障在關閉位置提出解決方案，設置一套旁通保護裝置系統，讓冷卻液仍可以大循環的路徑進行冷卻，強制將過剩的熱能排散到外界。若冷卻系統是因其他因素導致引擎溫度異常高溫，旁通保護裝置無法發揮功能時，則會啟動警告裝置提醒駕駛者立即將引擎熄火，使引擎不因高溫導致損壞並維持最佳效能。

本研究擬建置引擎過熱偵測保護裝置的概念圖如圖 1 說明，具體言，本研究擬達成下列目的：

- 一、 利用現有引擎水溫感知器訊號，啟動旁通裝置降低冷卻液溫度，保持引擎正常運轉，以確保行車安全。
- 二、 引擎冷卻液溫度無法降至安全範圍內時，立即警示駕駛引擎水溫過高，預防引擎過熱損壞。

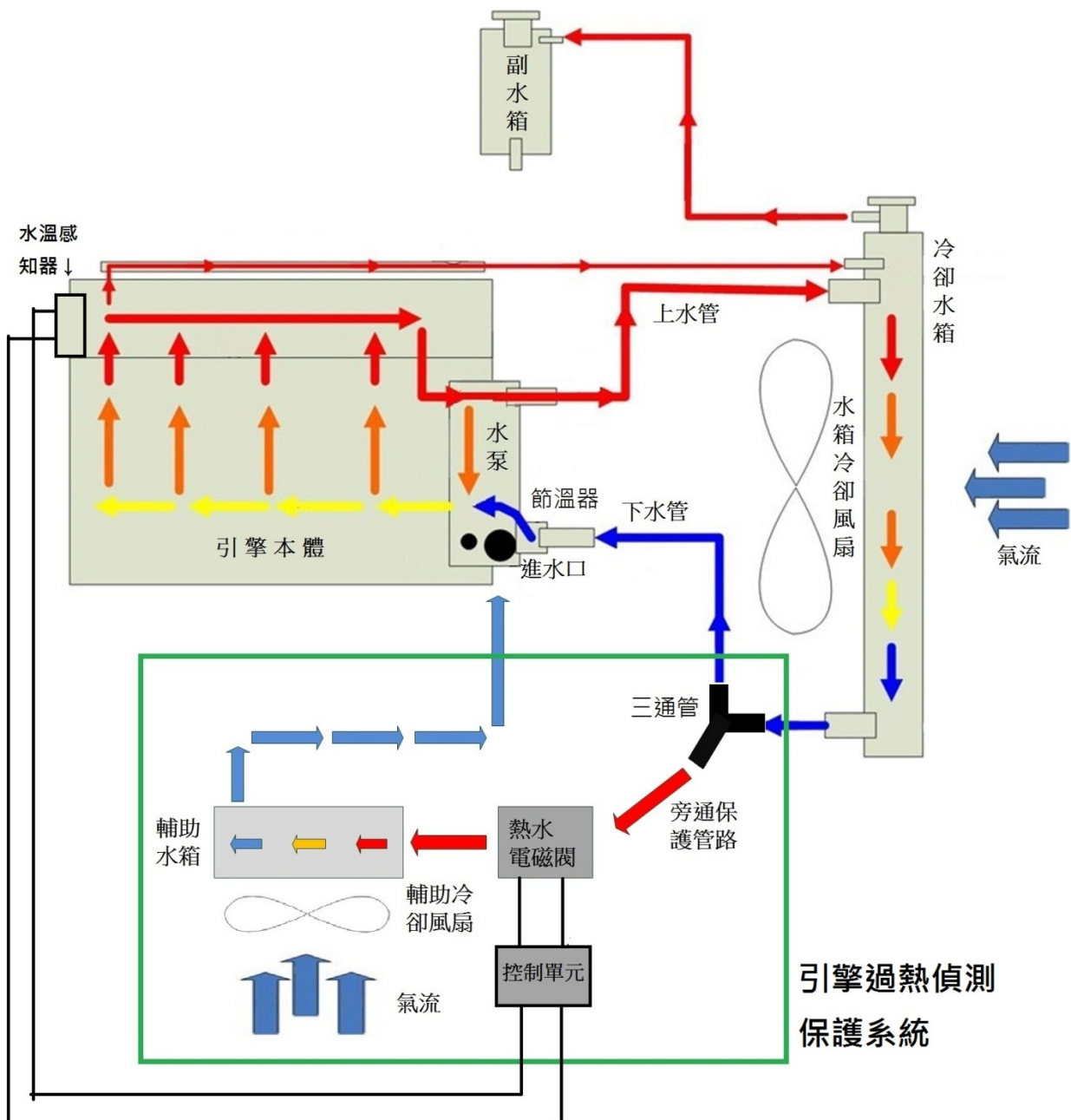


圖 1 引擎過熱偵測保護裝置概念圖

參、研究設備及器材

一、研究設備

- (一) Toyota Yaris 實驗台引擎一具
- (二) Toyota Yaris 實車一部
- (三) 汽車診斷電腦一台
- (四) 手提電腦一台
- (五) 虎鉗一台
- (六) 數位式電表一台
- (七) Arduino Uno 及應用軟體
- (八) 電烙鐵
- (九) 手弓鋸一支

二、使用器材

- (一) 麵包板一塊
- (二) 電子元件
- (三) 指示燈數個
- (四) 風扇一個及繼電器兩個
- (五) 熱水電磁閥一個
- (六) 小型散熱水箱一個
- (七) 電線及鱷魚夾
- (八) 金屬熱水管
- (九) 橡膠熱水管
- (十) 橡膠熱水管固定夾
- (十一) 固定鐵架
- (十二) 塑膠透明盒一個
- (十三) 輔助風扇導流板四片
- (十四) 焊錫
- (十五) 12V 電瓶

肆、研究過程或方法

一、研究流程

本研究流程如圖 2 所示，經過相關資料蒐集與分析後，逐一加工及調整設備，並經過不斷地測試與修正實驗，根據結果討論，完成整個研究過程。

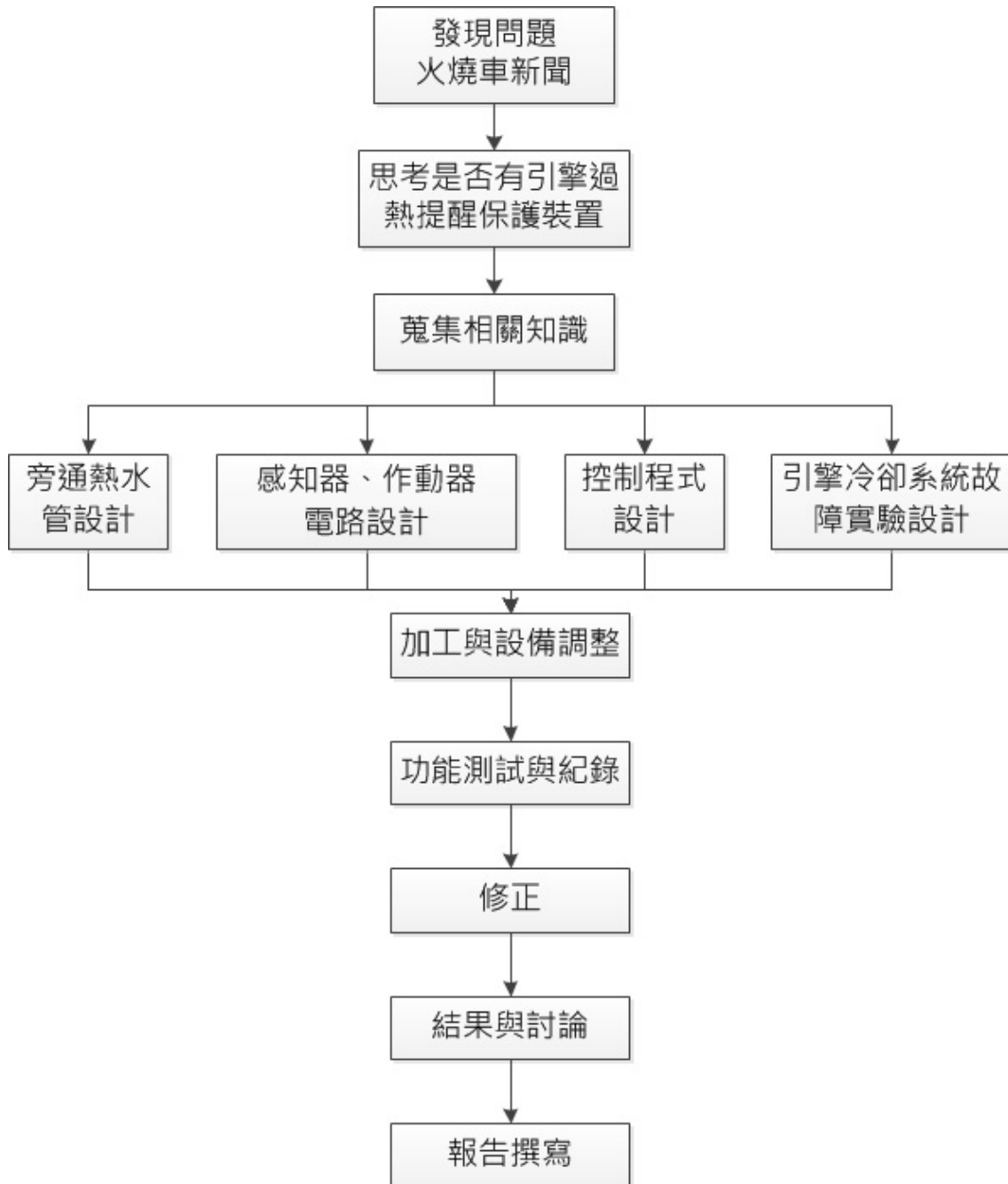


圖 2 研究流程圖

二、製作過程

為製作本研究擬設計的引擎冷卻系統過熱偵測保護系統，逐一進行圖 3 所示步驟，完成本系統的建置。

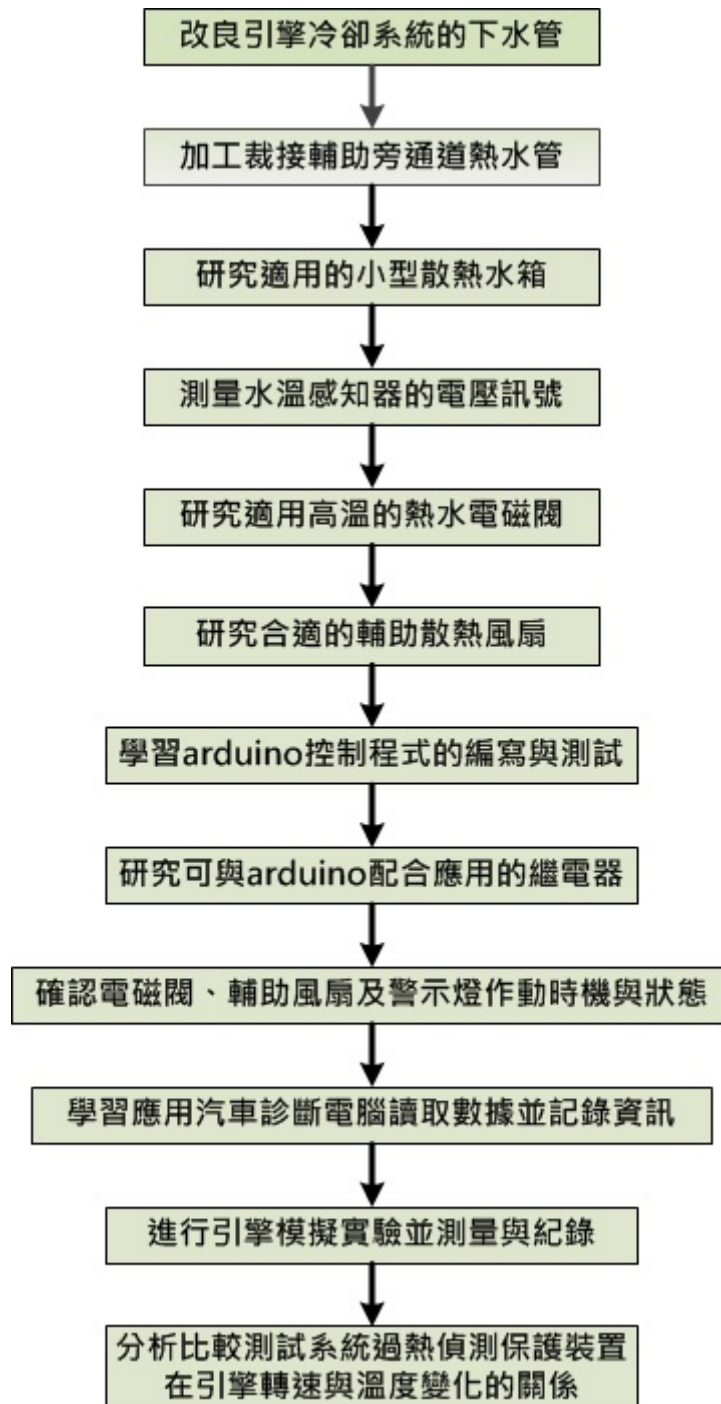


圖 3 實驗步驟圖

汽車冷卻系統過熱偵測保護裝置是在原有的冷卻管路外再設計旁通管路，經由感測溫度的高低來控制旁通道開啟或關閉作動。在製作過程分為四個部份說明：1、輔助旁通熱水管路設計；2、感知器、作動器與電路的設計；3、控制程式設計；4、引擎冷卻系統故障實驗設計。

(一)輔助旁通熱水管路設計

1. 改良引擎冷卻系統的下水管：

為將冷卻液引導至本實驗設計之輔助冷卻系統，需要在接在水箱冷卻液的出口端和節溫器冷卻液的進入端外，裝置一個三通管於下水管，此第三通道的設計是作為旁通路徑，將冷卻液引導至輔助冷卻裝置。(見圖 4、圖 5)



圖 4 三通下水管



圖 5 三通下水管裝置位置

2. 輔助旁通道熱水管：

引擎與水箱的空間相當狹小，且沒有相同的熱水管可配合新系統。在設計一個旁通管路時，需配合現有的空間自行調整水管的彎曲度與長度，加工裁切適當尺寸的橡膠熱水管及金屬熱水管，以接段的方式來配合輔助散熱器的位置完成接管。加工裁接過程如圖 6、圖 7 所示，完成後位置圖如圖 8 所示。



圖 6 橡膠熱水管



圖 7 金屬熱水管裁切

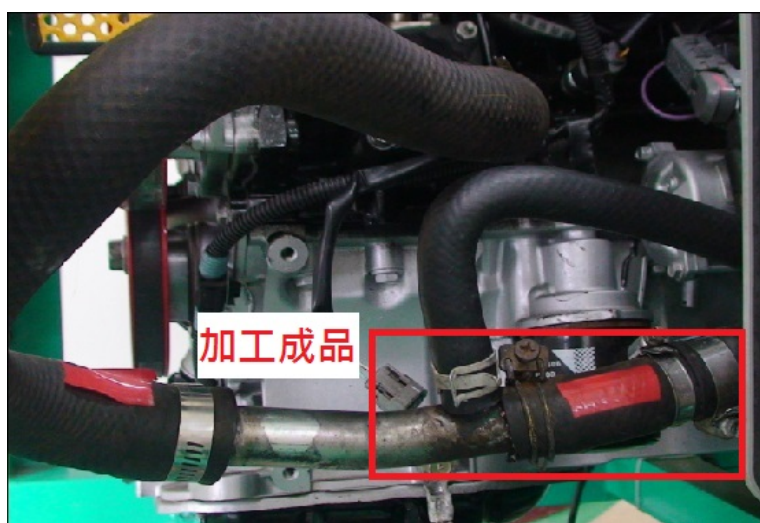


圖 8 旁通道熱水管裝置位置

3. 小型散熱水箱：

此系統定位為輔助散熱，散熱水箱尺寸不能過大。汽車暖氣水箱的散熱原理與汽車冷卻水箱相同且體積不大，管路尺寸又剛好。因此，可以直接加裝至實驗用引擎旁的位置進行熱交換，見圖 9。



圖 9 散熱水箱

(二)感知器、作動器與電路的設計

1. 水溫感知器：

車輛是使用負溫度係數型水溫感知器來量測水溫變化，溫度高電阻低，溫度低電阻高，隨電阻高低反應出不同的電壓值。使用三用電錶來量測水溫感知器電壓的變化，藉以瞭解水溫與電壓變化的關係，如圖 10 所示。此種感知器是應用兩條線，一條為 5V 訊號線，一條為搭鐵線。本系統為能取得水溫感知器的訊號，利用自製的外接訊號線並聯在感知器線路上，以採集傳回電腦的電壓訊號，做為此旁通系統運作的控制依據。

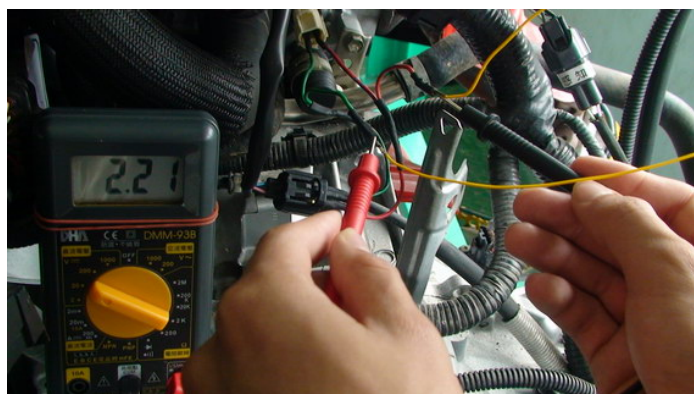


圖 10 水溫與電壓變化

欲設計一個能防止引擎過熱的裝置，必需在引擎較高溫的地方進行溫度偵測才能達到即時保護目的。不同汽車製造廠的水溫感知器裝置位置也不同，從參考資料中得知裝置於汽缸蓋的水溫感知器對高溫感測較準確。本實驗引擎的水溫

感知器剛好裝置於汽缸蓋的側邊，如圖 11 所示，正符合準確偵測高溫變化的概念。



圖 11 水溫感知器

2. 熱水電磁閥：

電磁閥門的開閉隨水溫高低的訊號來控制冷卻液是否通過小型散熱水箱。此種電磁閥採用膜片引導式耐高溫型，可由 12V 電瓶電源來驅動。過熱偵測保護系統的冷卻液工作溫度可達 101°C，需要耐高溫的零件，防止過熱導致的損壞。當線圈通電時產生電磁力，使閥門克服彈簧力後被提起，此時電磁閥打開，冷卻管路呈通路狀態，冷卻液流通；當線圈斷電時，電磁力消失，閥門在彈簧力的作用下覆位，直接關閉閥口，電磁閥關閉，冷卻液斷流。圖 12 為本研究採用之熱水電磁閥。



圖 12 熱水電磁閥

3. 輔助電動風扇：

採用汽車冷氣系統散熱風扇，強制冷卻輔助散熱器。電動風扇為一永磁式電動馬達，使用 12V 電源。(見圖 13、圖 14)



圖 13 輔助電動風扇



圖 14 輔助電動風扇與散熱水箱

4. 電路製作與設計：

熱水電磁閥、輔助電動風扇、繼電器等相關線路的連接製作，如圖 15 所示，並對改裝的線頭使用絕緣熱縮管或黑皮膠帶做絕緣處理，防止線路有短路的情形。

本實驗需要擷取水溫感知器的訊號，如圖 16 所示，改裝一個訊號線可以傳輸水溫訊號，主要是將原有的訊號傳輸線再外接並聯一組電路，用來傳輸水溫感知器電壓變化訊號至 Arduino 控制面板。

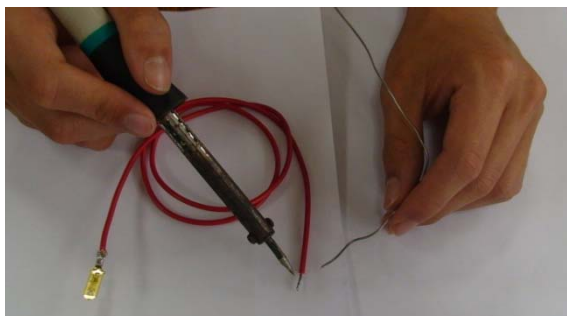


圖 15 連接線路錫銲加工



圖 16 水溫感知器並聯訊號線

5. 繼電器：

使用繼電器實現以小電壓控制大電壓設備，並能減少電能在過長的電路傳送中造成的耗損。Arduino 微電腦控制板輸出 5V 的電壓，而熱水電磁閥及輔助散熱風扇是應用 12V 的電源。因此，需應用繼電器來達到電壓的轉換。本實驗應用二通道光隔離繼電器模組，如圖 17 所示，使控制板的 5V 電壓控制繼電器接通，將 12V 的電壓分別送到熱水電磁閥或輔助散熱風扇。

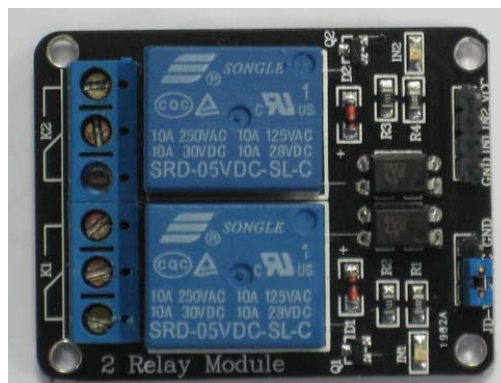


圖 17 二通道光隔離繼電器

6. 電磁閥作動燈、輔助風扇作動燈及過熱警示燈：

應用高亮度的警示燈，如圖 18 所示，用來提醒駕駛作動器作用時機。當引擎溫度超過標準太多時，過熱警示燈會點亮，提醒注意水溫過高。



圖 18 警示燈

(三)控制程式設計

1. 學習微電腦控制板及應用軟體：

採用 **Arduino Uno** 微電腦板作為實驗的控制單元，如圖 19、圖 20 所示，其核心使用八位元 **ATMEGA 8** 系列的微控制器，提供 14 個數位式輸出 / 入端，6 個類比式輸出 / 入端，支援 **USB** 資料傳輸，可使用自備電源（**5V** 至 **9V**）或是直接使用 **USB** 電源，可以在數位式輸出 / 入端上接上不同的電子裝置，然後由控制器來驅動作動器。應用軟體則是使用 **Arduino** 開發環境，學習軟體介面操作的應用，並學習相關控制語法。利用簡單的程式學習 **Arduino** 程式的基本架構及數位控制的相關指令。

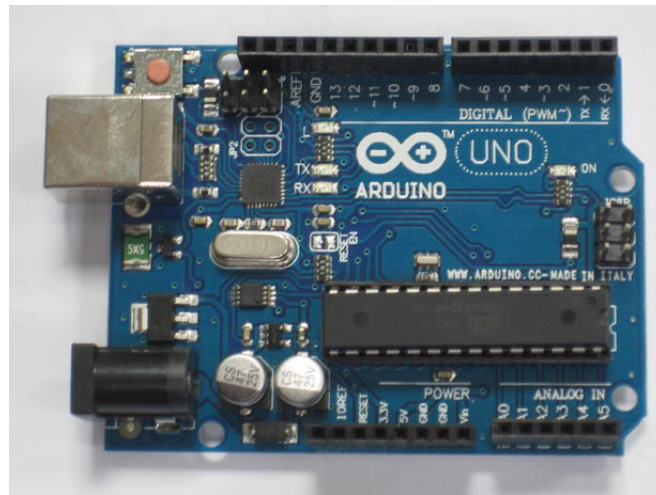


圖 19 Arduino Uno 微電腦板



圖 20 微電腦板功能方塊結構圖

水溫感知器送出的電壓訊號會透過 **Arduino** 控制版轉換對應成 0 至 1023 的數值。本研究需瞭解特定溫度時送出的電壓訊號會轉換對應的數值為何，以作為驅動熱水電磁閥門程式控制設定依據。在測試時，可由應用軟體的操作介面中即時觀察以數字值顯示的水溫訊號變化，如圖 21 所示。

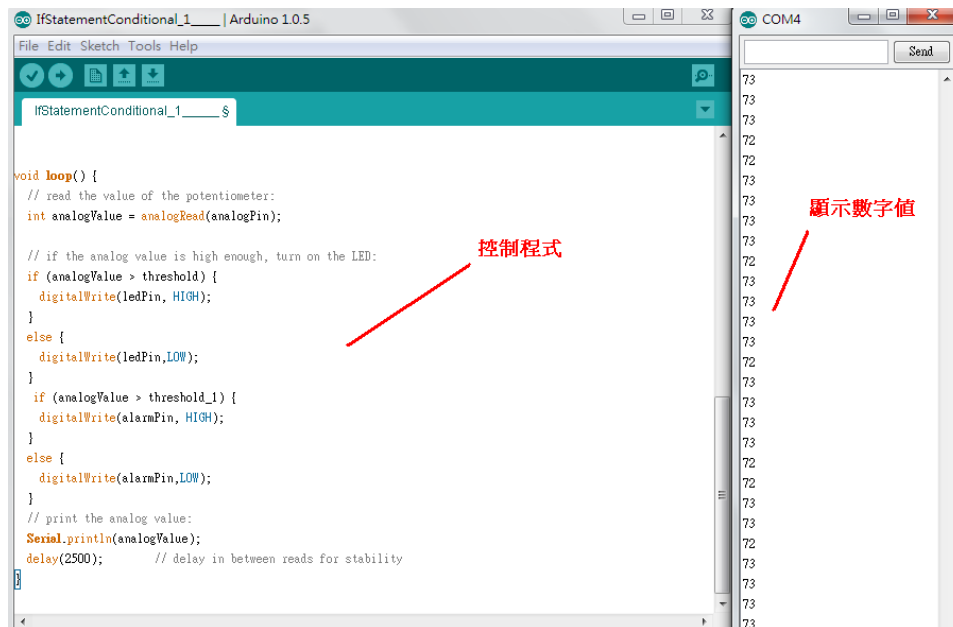


圖 21 數字值輸出

2. 控制程式：

控制程式設定編寫的目標是讓 Arduino 微電腦板可以讀取不同水溫所產生的電壓訊號，並利用 Arduino 軟體介面編寫的控制程式，決定是否傳輸控制訊號驅動熱水電磁閥、輔助冷卻風扇與高溫警示燈的作動。因此，編寫程式時將三個作動器，依三個不同溫度來產生作動，當水溫超過第一設定值時，開啟熱水電磁閥。而水溫仍持續升高超過第二設定值，增加輔助冷卻風扇運轉。如水溫持續飆高超過第三設定值時，則啟動警示燈。

3. 作動器的作動時機參數設定：

參數設定需考慮到冷卻液的沸點，一般水的沸點是在 100°C，由於冷卻液依比例添加水箱精，使冷卻液的沸點改變。再加上冷卻系統裝上壓力式水箱蓋，使冷卻系統壓力升高，冷卻液的沸點更加提高。本實驗是使用濃度 30%的水箱精，其冷卻液的沸點約在 105 度，如圖 22 所示。高濃度的冷卻液可以提高沸點，但其熱傳導效率會降低，如圖 23 所示。因此，設計實驗時，以較高熱傳導率的水箱精濃度 30%來測試。引擎運轉冷卻液溫度控制以不超過冷卻液的沸點，避免冷卻液沸騰而產生過熱、氣穴腐蝕、蒸氣腐蝕等現象。是以盡量避免測試時引擎水溫超過冷卻液的沸點是必要的。

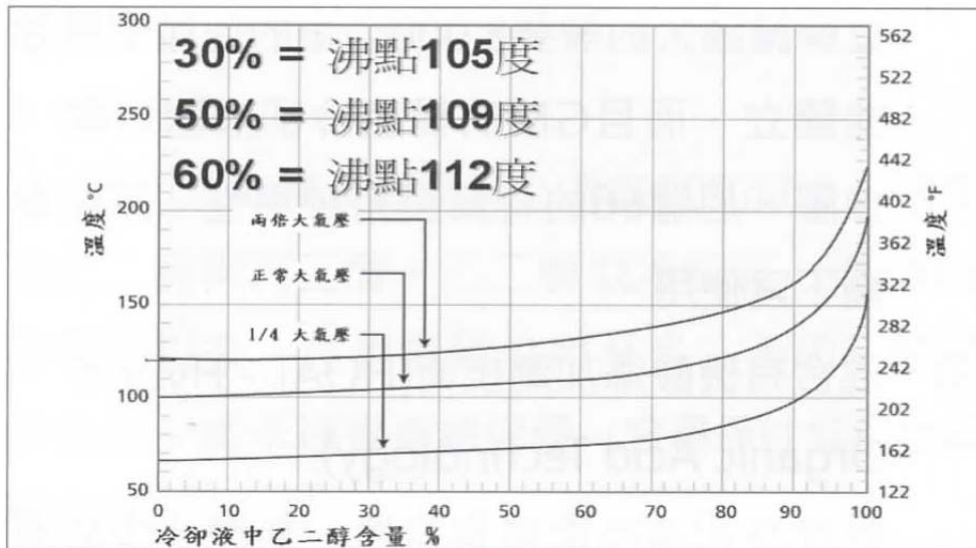


圖 22 水箱精濃度與沸點的關係

圖片來源：羅定綸（民 103），冷卻液技術剖析，*修車人雜誌*，94，頁 26。

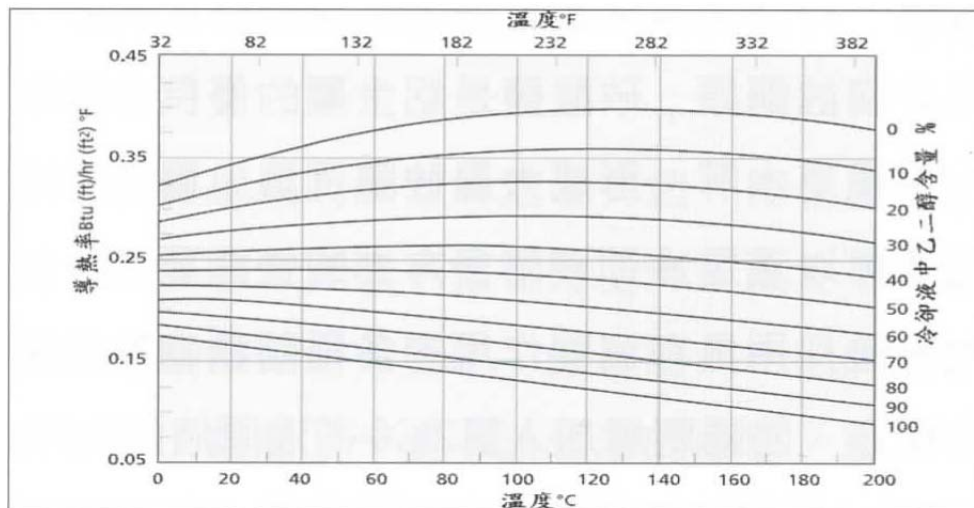


圖 23 水箱精濃度與導熱率的關係

圖片來源：羅定綸（民 103），冷卻液技術剖析，*修車人雜誌*，94，頁 26。

經實驗運轉測試，當冷卻系統運轉正常時，冷卻液溫度約控制在 91°C 至 96°C 之間，一旦水溫超過 96°C 時，即會啟動冷卻風扇，立即產生降溫的效果，所以冷卻液工作溫度在此範圍時，引擎燃燒室維持在穩定的狀態燃燒。本實驗目的是在冷卻系統發生故障時啟動過熱保護裝置，以儘量維持適當引擎工作水溫，減少因引擎高溫而導致燃燒狀況不佳的情形，因此本實驗設計的裝置採三階段，讓工作水溫儘量接近原有的設定，不致於有太大的差異。

第一階段作用設計當水溫大於 96°C 時，開啟熱水電磁閥。若節溫器有問題無法正常開啟，可讓冷卻液經由三通下水管導引至輔助散熱水箱加強冷卻。而當冷卻液還持續升高無法降低時，表示引擎需要更多的空氣對流進行散熱。所以，進行第二階段作動，當水溫持續上升超過 98°C 時，輔助風扇便開始運轉，強制空氣對流散熱。如水溫持續不下降，第三階段作動，水溫繼續上升超過 101°C 時，

也更接近冷卻液的沸點時，警示燈開始點亮，避免引擎水溫上升超過 105°C 的機會。

(四)引擎冷卻系統故障實驗設計

1. 引擎轉速控制：

車輛引擎冷卻系統故障實驗的設計需先瞭解實際引擎運轉狀態，透過車輛診斷電腦來記錄引擎運轉時的數據，這些包含了引擎水溫、引擎轉速及車速。本實驗設計引擎轉速範圍是考量當引擎冷卻系統節溫器發生故障時，引擎可維持基本運轉速度，讓車輛能行駛至修車廠進行維修。訂定合理的引擎轉速與車速，需考慮道路交通安全及維持引擎水溫在安全的範圍。如一般道路最高限速在時速 60 公里，車速至少以時速 40 公里左右行駛在慢車道上算是可接受的車速，也不致於因車速太慢影響到其他用路人。因此本實驗模擬情境為車輛在平地行駛時速 40 公里。經實車測試車速在達時速 40 公里時，引擎轉速約 1600 rpm，如圖 24 所示，並以此轉速範圍（1500 至 1700 rpm）作為過熱偵測保護裝置的測試依據。

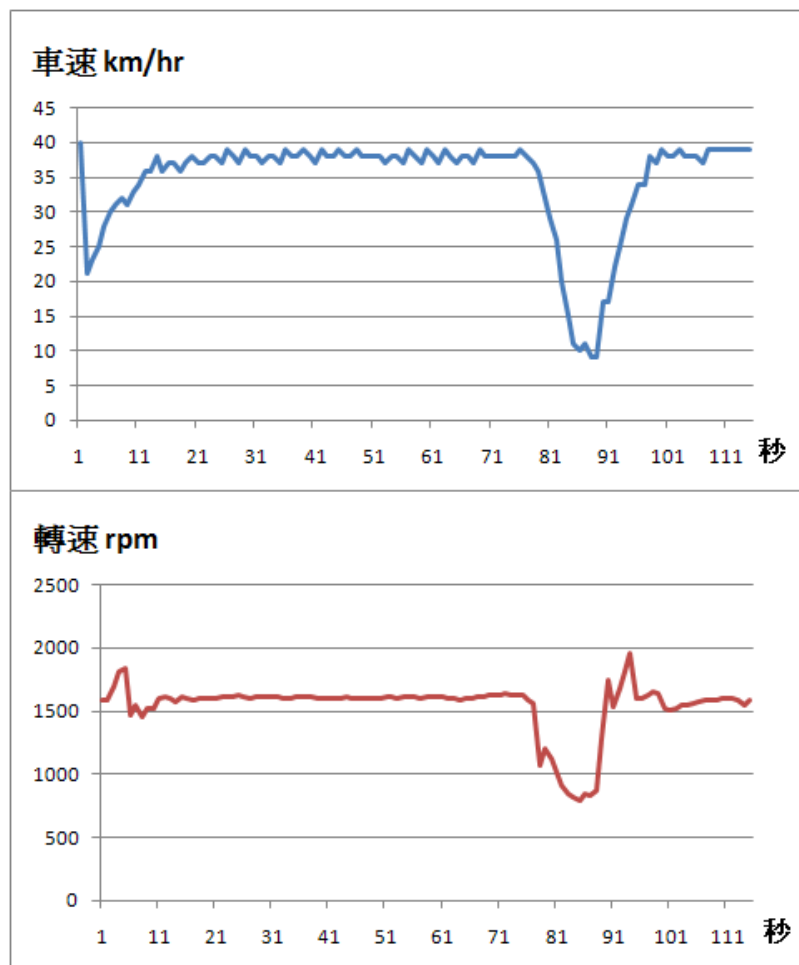


圖 24 車輛駕駛時速與引擎轉速對照圖

2. 節溫器故障控制：

實驗引擎使用的節溫器為蠟丸式，此種節溫器是在本體內注入蠟，根據此款引擎修護手冊說明，其開啟溫度為 80°C 至 84°C 時，固態的蠟變成液體而膨脹產生作用力於橡皮膜片上，進而外體壓縮彈簧，使節溫器閥門漸漸打開，當水溫達到 95°C 時呈現完全開啟狀態，冷卻液通過閥門循環至水箱進行大循環冷卻（圖 25）。冷卻液溫度降低時，蠟逐漸變成固態，閥門逐漸關閉，引擎冷卻液進行小循環的冷卻方式（圖 26）。節溫器的橡皮膜片與活塞桿在反覆的壓縮膨脹及摩擦作用下，很容易造成橡皮膜片的損壞，並降低其密封性能，因而造成蠟泄漏。當少許蠟泄漏，引擎溫度在高溫，節溫器裡的蠟作用在橡皮膜片上的力減少，使活塞桿向上推升的距離減少，使得閥門開啟變小，流經閥門到冷卻水箱的冷卻液流量減少而影響散熱效果，造成引擎水溫會高於正常溫度。一旦蠟泄漏過多時，節溫器裡的蠟無法產生作用力將活塞桿向上推升，造成節溫器完全無法開啟，高溫的冷卻液則無法通過節溫器進行大循環的冷卻，引擎短時間內便造成過熱。

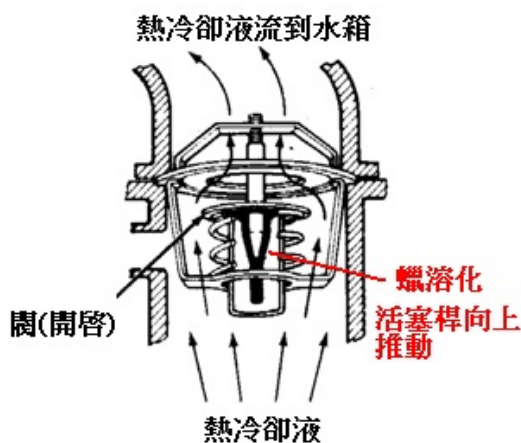


圖 25 引擎熱時 - 節溫器打開

圖片來源：劉崇富譯（民 92），*汽車學(一)：汽車引擎*，第十版，臺北市：美商麥格羅希爾，頁 271。

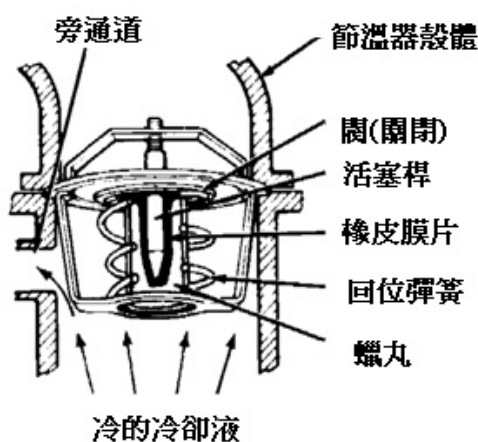


圖 26 引擎冷時 - 節溫器關閉

圖片來源：劉崇富譯（民 92），*汽車學(一)：汽車引擎*，第十版，臺北市：美商麥格羅希爾，頁 271。

3. 實驗變數控制：

模擬旁通保護系統作用是否達到預期的目標，先以引擎冷卻系統正常的狀態下做測試，並同時記錄引擎轉速與水溫的資訊，再以這些數據為基礎與假設的故障做為比較，分析故障發生時，引擎水溫是否能維持在安全的範圍裡。假設引擎過熱在於冷卻液的熱源無法獲得足夠的冷卻，而熱源無法冷卻主因是缺乏空氣對流進行熱交換與冷卻液循環不足造成。因此設計上考量冷卻風扇停止運轉無法進行熱交換與節溫器關閉造成冷卻液無法循環。將兩種情形做模擬故障變化，將可能造成的狀況區分為六種：(1) 節溫器正常、水箱冷卻風扇正常運轉、無過熱偵測保護裝置。(2) 節溫器正常、水箱冷卻風扇不作動、無過熱偵測保護裝置。(3) 節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇正常、無過熱偵測保護裝置。(4) 節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇不作動、無過熱偵測保護裝置。(5) 節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇正常、有過熱偵測保護裝置。(6) 節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇不作動、有過熱偵測保護裝置。

伍、研究結果

汽車冷卻系統過熱偵測保護裝置完成製作後，接著測試系統並利用車輛診斷電腦記錄相關資訊，檢查系統是否正常運作以及穩定度。再模擬上述六種狀況，觀察與分析有無過熱偵測保護裝置的差異性，並瞭解檢測旁通保護裝置之功效及觀察警示機制作用情形。

一、節溫器正常、水箱冷卻風扇正常運轉、無過熱偵測保護裝置

模擬引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍，引擎冷卻系統在節溫器及水箱冷卻風扇均正常的運作狀況下，水溫在接近 96°C 時，水箱冷卻風扇運轉；當水溫降至 94°C 左右，水箱冷卻風扇則停止運轉。持續觀察得知，風扇停止後水溫會繼續降至 92°C，接著水溫反轉逐漸上升，當水溫再度逼近 96°C 時，水箱冷卻風扇再度運轉，讓冷卻液獲得足夠的冷卻。冷卻風扇反覆的運作使水溫可以維持在 92°C 至 96°C 之間。圖 27 即為引擎冷卻系統正常運作下，引擎轉速與冷卻液溫度的關係圖。

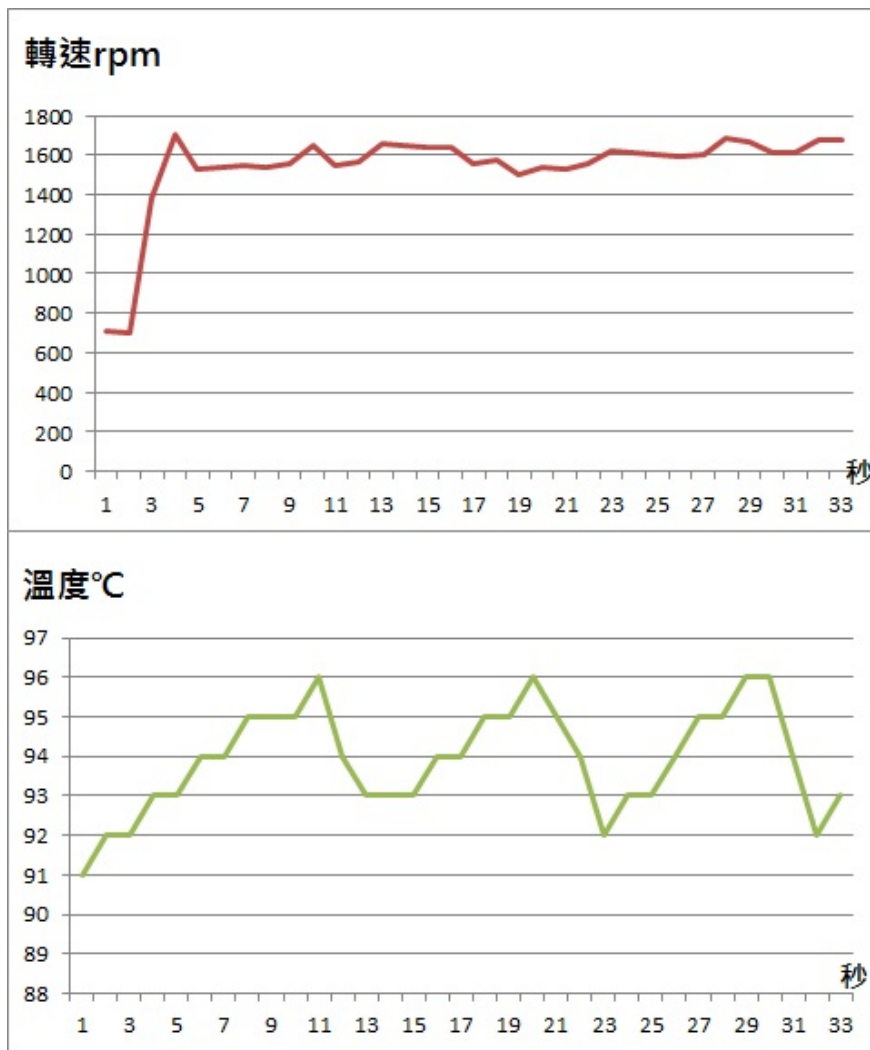


圖 27 正常狀態 - 引擎轉速與水溫關係圖

二、節溫器正常、水箱冷卻風扇不作動、無過熱偵測保護裝置

由圖 28 可知，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍運轉，引擎水溫由 94°C 上升至 101°C 約需要 100 秒的時間，冷卻液可以進行大循環的方式散熱，使得水溫升高速度較緩慢，但缺乏水箱冷卻風扇來加速空氣流動，水溫持續上升。

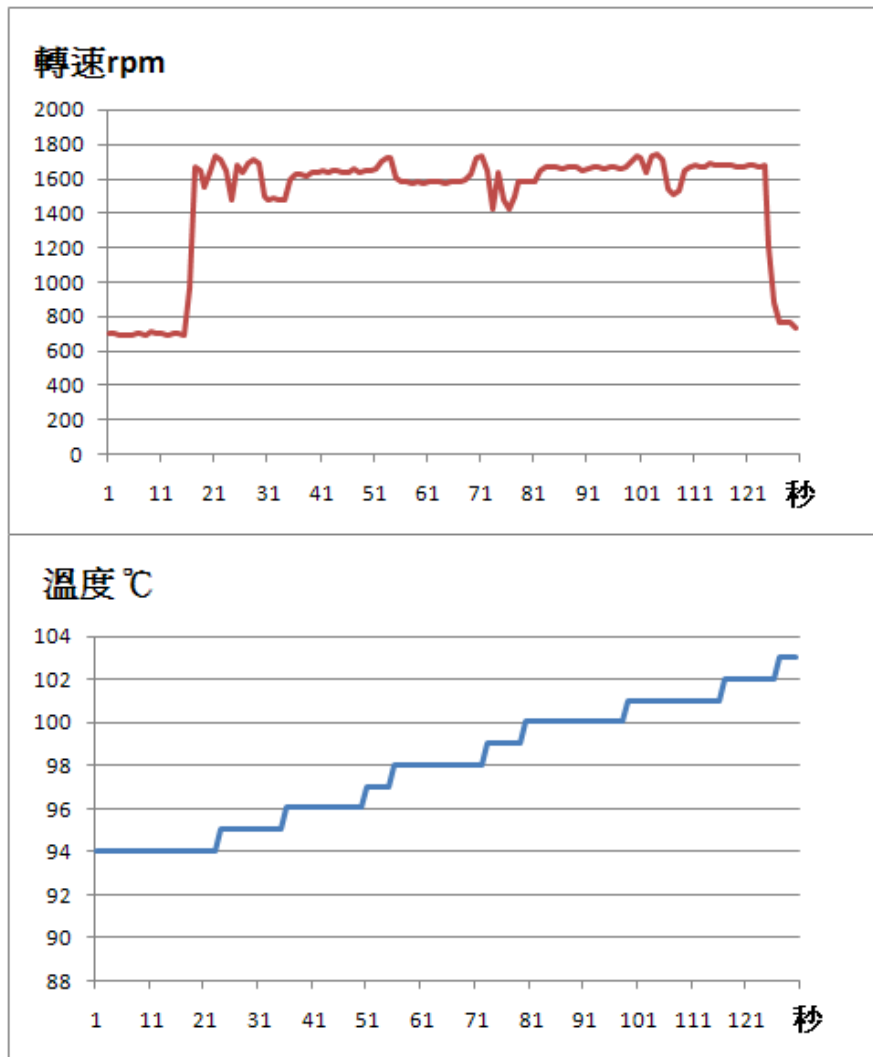


圖 28 節溫器正常且水箱冷卻風扇不動 - 轉速與水溫關係圖

三、節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇正常運轉、無過熱偵測保護裝置

由圖 29 可知，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍運轉，引擎冷卻液溫度逐漸上升，水溫到達 96°C 時。由於節溫器故障在關閉位置，引擎冷卻液無法以大循環的路徑到冷卻水箱，只能以小循環的方式在引擎內部循環。雖然，冷卻風扇持續運轉，引擎外部流動空氣無法讓引擎內部冷卻液溫度降低，水溫在 64 秒內由 92°C 上升至 101°C。

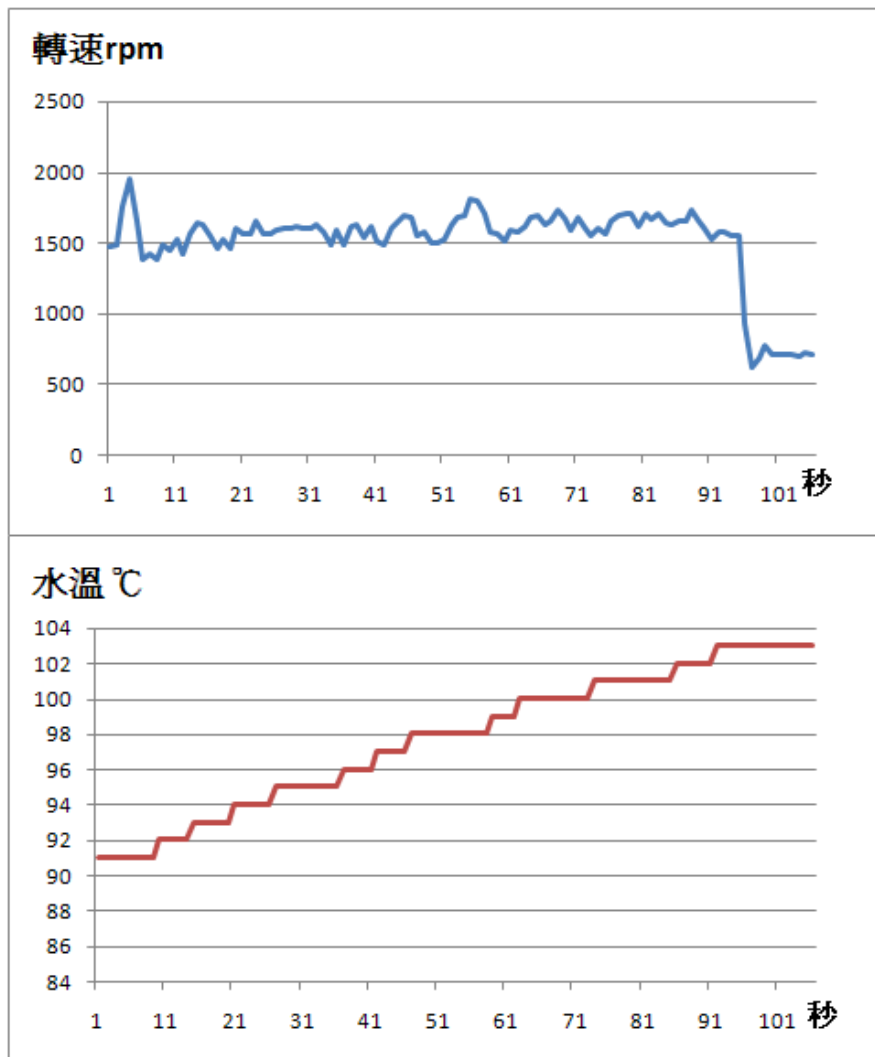


圖 29 節溫器故障關閉且水箱冷卻風扇正常 - 轉速與水溫關係圖

四、節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇不作動、無過熱偵測保護裝置

由圖 30 可知，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍運轉，引擎冷卻液溫度逐漸上升，水溫到達 96°C 時，由於節溫器故障在關閉位置，引擎冷卻液無法以大循環的路徑到冷卻水箱，只能以小循環的方式在引擎內部循環。水箱冷卻風扇亦停止運轉，引擎內部冷卻液溫度快速上升，水溫在 61 秒內由 92°C 上升至 101°C。

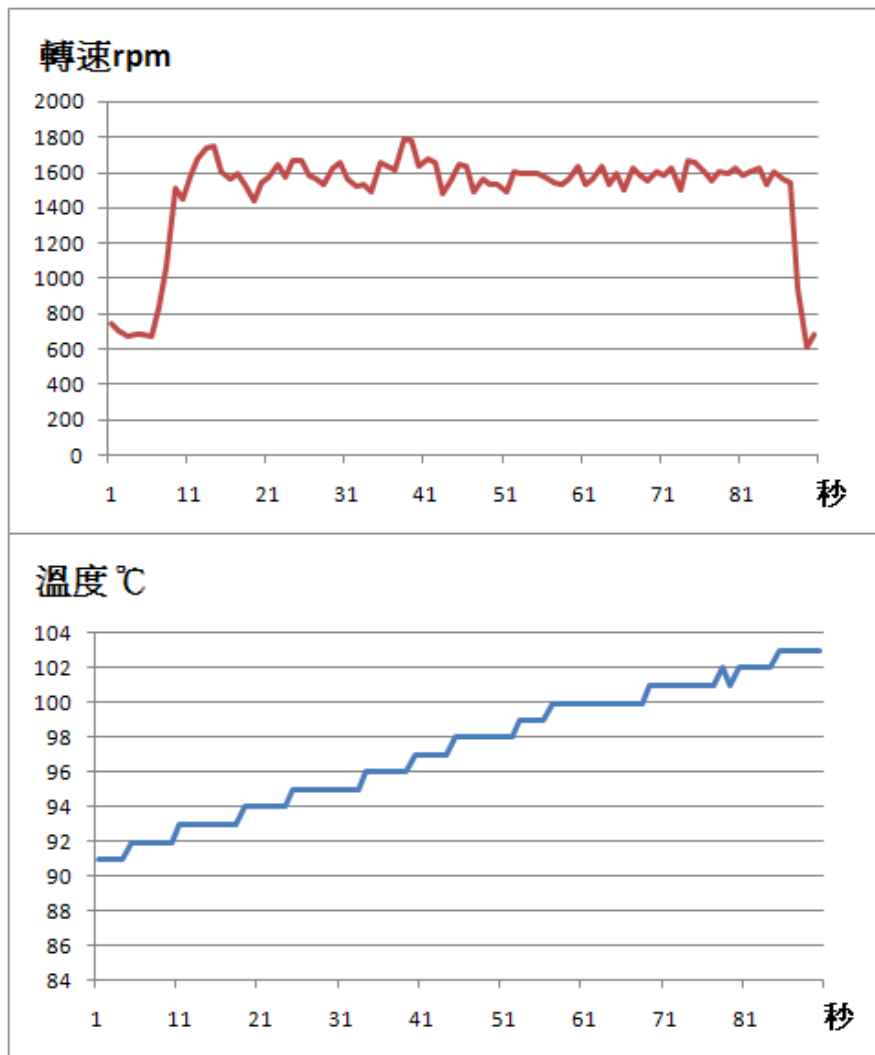


圖 30 節溫器故障關閉且水箱冷卻風扇不作動 - 轉速與水溫關係圖

五、節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇正常運轉、有過熱偵測保護裝置

由圖 31 可知，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍運轉，引擎冷卻液溫度逐漸上升，水溫到達 96°C 時，冷卻風扇開始運轉，因節溫器故障在關閉位置，水溫還是會持續升高，當水溫升高超過 96°C，過熱偵測保護裝置的熱水電磁閥打開，讓冷卻液經由旁通道流動。此時，冷卻液經由水箱冷卻風扇的強制冷卻，同時冷卻液還會流經旁通輔助冷卻系統，冷卻液可以獲得足夠的冷卻。在輔助冷卻水箱及水箱冷卻風扇雙重冷卻作用下，水溫會由 97°C 開始下降。當水溫下降至 94°C 左右，水箱冷卻風扇停止運轉。水箱冷卻風扇停止後，冷卻液溫度持續降至 89°C 左右，此時熱水電磁閥關閉，冷卻液無法循環至旁通輔助冷卻系統，水溫會再度升上，當水溫升高至 96°C 時再度運轉，系統不斷反覆地作用。

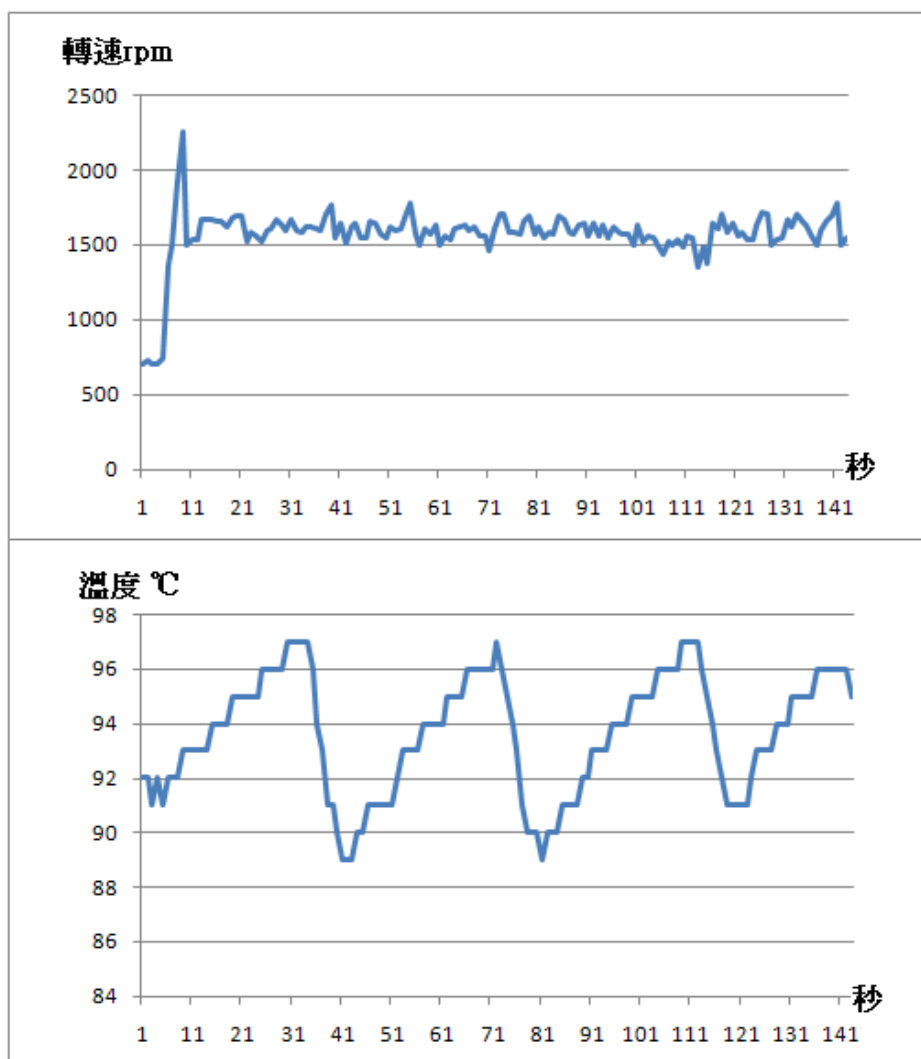


圖 31 節溫器故障、冷卻風扇正常、有保護系統 - 轉速與水溫關係圖

為能進一步確認此過熱偵測保護裝置的效益，將引擎轉速模擬提升至 1800 至 2400 rpm 範圍運轉。由圖 32 可知，冷卻液經由水箱冷卻風扇的強制冷卻及流經旁通輔助冷卻系統的大循環，使冷卻液可以獲得足夠的冷卻，水溫會由 97°C 開始下降。當水溫下降至 94°C 左右，水箱冷卻風扇停止運轉、熱水電磁閥關閉，冷卻液溫度降至 93°C 左右後，水溫會再度升上，當

水溫升高至 96°C 時再度運轉，系統不斷反覆地作用。如水溫升高至 98°C 時，輔助冷卻風扇加上水箱冷卻風扇雙重冷卻作用下，可強制使水溫降低至 88°C。因此，經由過熱偵測保護裝置的作用，水溫明顯可以維持在正常的工作溫度。在節溫器故障，但水箱冷卻風扇正常情形下，本實驗會利用溫度感測啟動旁通系統熱水電磁閥，再利用旁通系統的輔助冷卻風扇運轉，有效降低引擎冷卻系統的水溫，保持引擎正常運作。

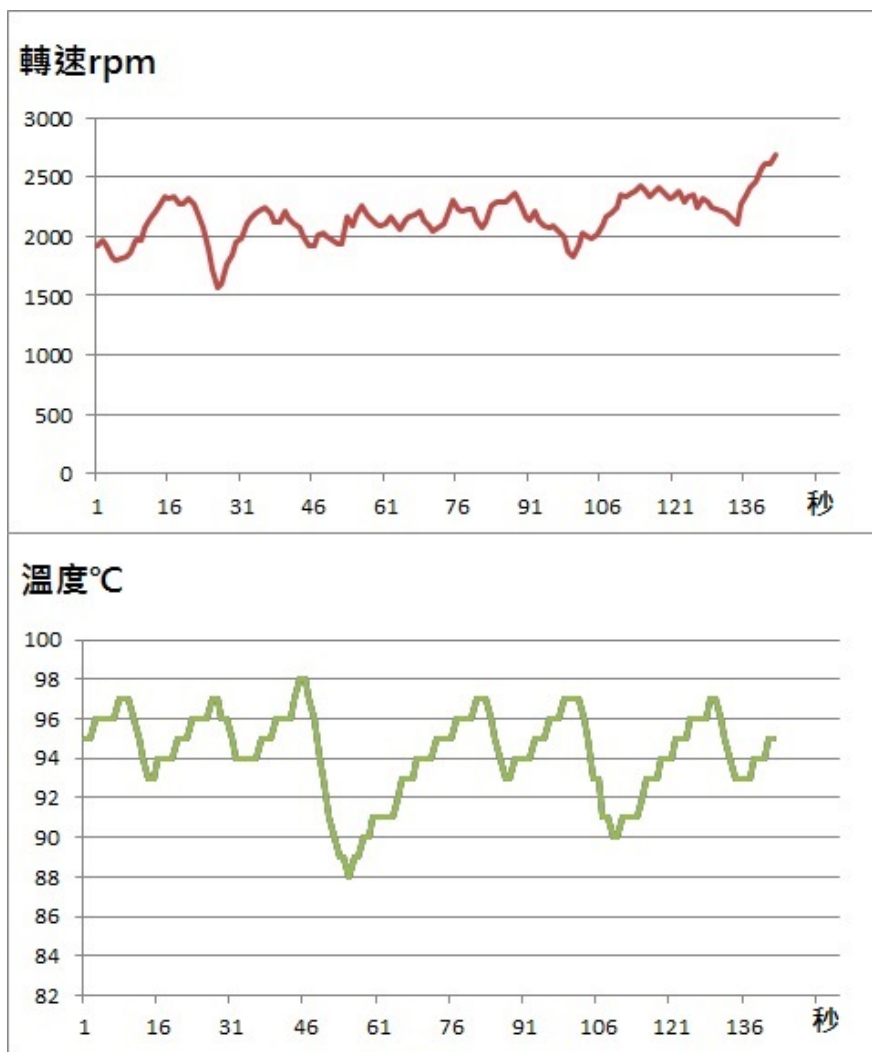


圖 32 節溫器故障、冷卻風扇正常、有保護系統（轉速 1800-2400 rpm） - 轉速與水溫關係圖

六、節溫器故障在關閉位置、水箱冷卻風扇不作動、有過熱偵測保護裝置

冷卻系統的節溫器故障在關閉位置且水箱冷卻風扇亦故障時，引擎冷卻液只能經由過熱偵測保護裝置的冷卻，由圖 33 可知，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍運轉，引擎冷卻液溫度隨著運轉時間的增加而緩慢地往上升高。觀察水溫從 98°C 上升到 99°C 約需要 2 分鐘，過程中發現，當熱水電磁閥在水溫超過 96°C 時開始作動，冷卻液從旁通輔助散熱器進行冷卻液的散熱循環，但藉由自然空氣對流是不足以排除過多熱源，水溫會持續上升。當水溫到達 98°C 時，輔助冷卻風扇立即運轉進行強制降低冷卻液溫度，使得水溫在 98 至 99°C 之間來回振盪持續 40 秒的時間。然而，引擎轉速維持在 1500 rpm 左右，水溫則會維持在 99°C。透過輔助散熱水箱及輔助冷卻風扇的作用，可以讓高溫冷卻液獲得適當的冷卻，使水溫可以維持在 99°C。

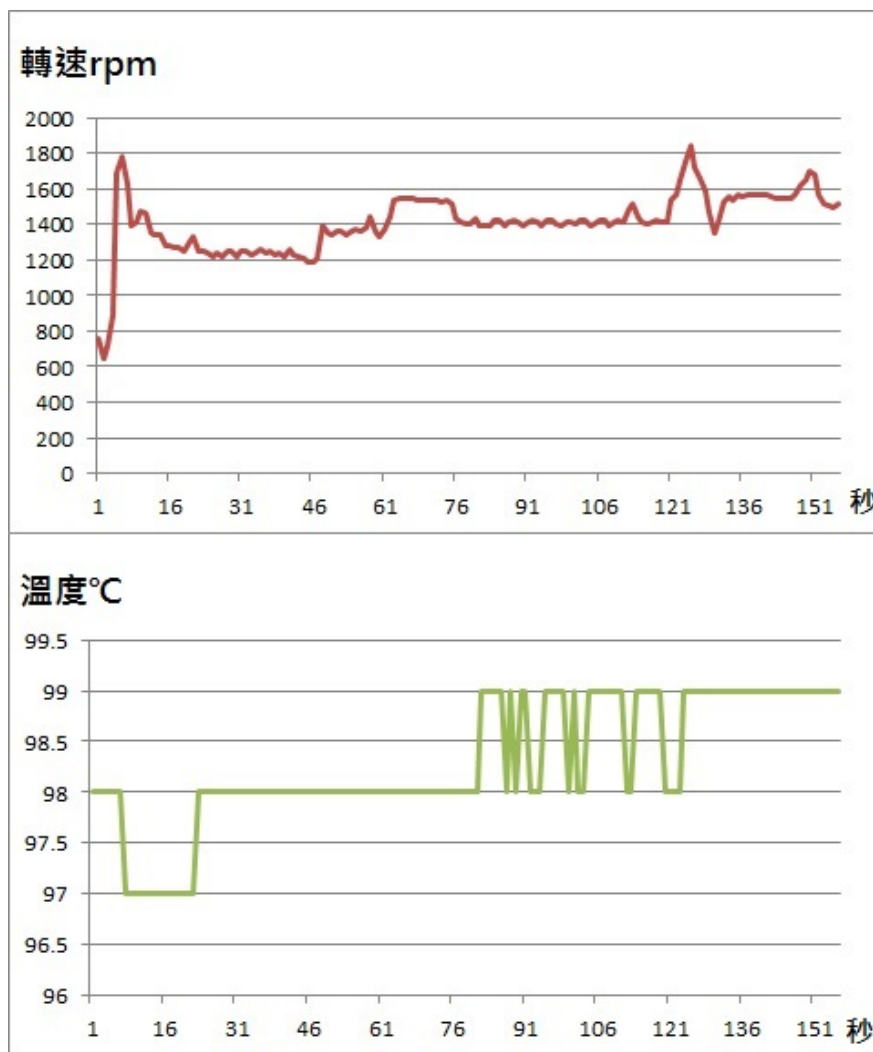


圖 33 僅有過熱偵測保護系統（轉速 1500-1700 rpm）－轉速與水溫關係圖

由圖 34 可知，當引擎轉速提高到 1600 至 1800 rpm 時，引擎水溫會從原本固定在 99°C 的位置上升到 100°C，約經過 90 秒後，水溫再往上升 1°C，由於過熱保護裝置的作用，水溫在 100 至 101°C 之間來回振盪。最後，引擎水溫固定 101°C。當水溫到達 101°C 時，高溫警示裝

置啟動，使警示燈點亮。

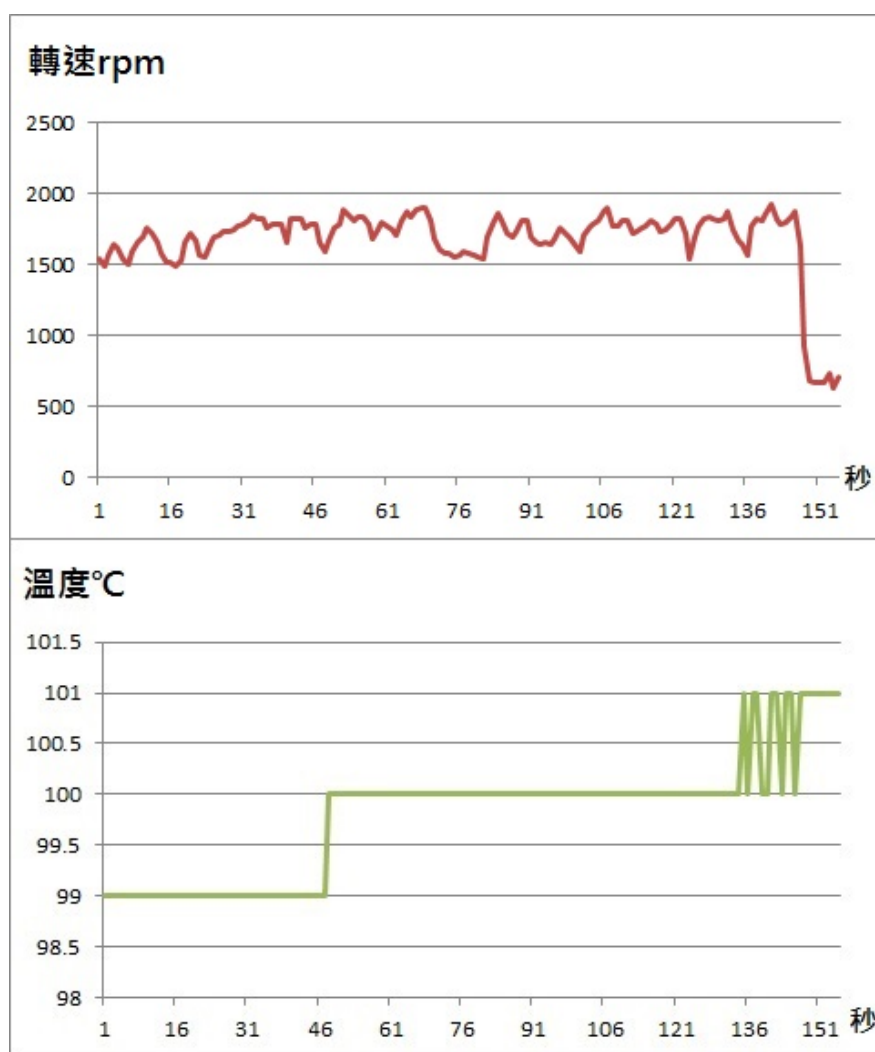


圖 34 僅有過熱偵測保護系統（轉速 1600-1800 rpm） - 轉速與水溫關係圖

進一步將引擎轉速提高至 1600 至 2400 rpm，觀察其水溫變化如圖 35 所示。引擎水溫從 96°C 的位置上升到 101°C，約經過 50 秒，此時過熱警示燈作用，駕駛者若立即降低引擎轉速至怠速運轉狀態，維持基本的運轉，雖然水溫會持續上升到 103°C，但因過熱偵測保護裝置仍持續運作，水溫會緩慢降低至 98°C 左右。過熱偵測保護裝置成功讓水溫下降約 5°C，使引擎維持安全範圍。此項實驗可證實，透過本過熱偵測保護裝置的冷卻輔助與提醒，引擎過熱時仍能透過降低轉速達到水溫下降至安全範圍，並顯示引擎水溫達過熱警示時，不需要立即停止運轉，還能怠速運轉，讓車輛保有真空輔助煞車與動力輔助轉向功能，讓駕駛者維持原有輔助系統，將車輛行駛至安全的地方並停駐。

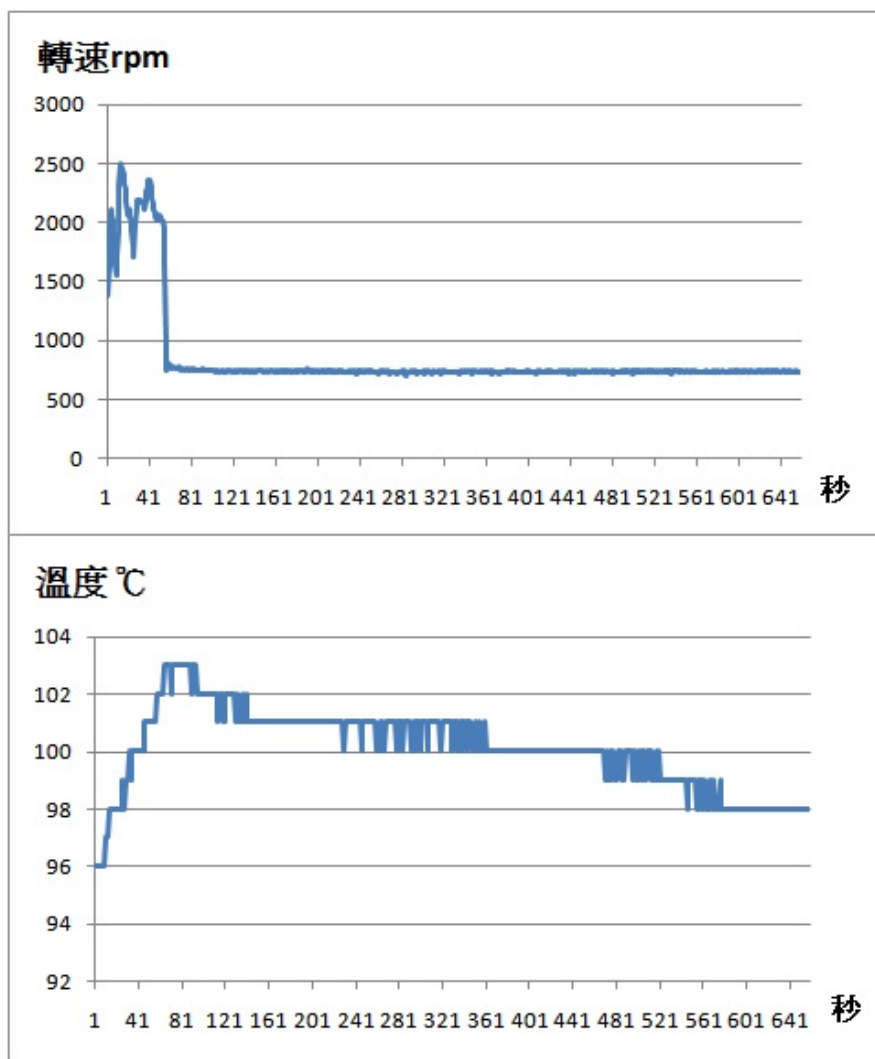


圖 35 僅有過熱偵測保護系統（轉速 1600-2400 rpm）－轉速與水溫關係圖

陸、討論

一、裝置可行性評估

本實驗設定在引擎轉速 1500 至 1700 rpm 範圍時模擬六種情境，其測試結果歸納如表 1，可清楚瞭解一般引擎節溫器損壞在關閉位置，引擎終將導致過熱。節溫器損壞在關閉的狀況下，汽車若加裝本實驗建置的過熱偵測保護裝置，可以讓水溫維持在正常的範圍。若再加上冷卻風扇不作動的嚴重情況，水溫還是可以穩定在 99°C 左右，讓引擎維持在安全工作溫度。由此可證明，本研究裝置的確可以達到防護的功能。

實驗亦證實即便節溫器故障，但只要水箱冷卻風扇正常運轉並加裝本過熱偵測保護裝置，即便轉速有提高，但仍能讓水溫維持在正常範圍；若水箱冷卻風扇亦故障時，在引擎高轉速下，透過本裝置的輔助，並加上降低行車轉速，仍能確保駕駛者平安行駛至安全地方檢修。由此更能進一步證明本研究裝置的可行性及實用性。

表 1 節溫器、水箱風扇與保護裝置故障分析比較

假設情境	一	二	三	四	五	六
節溫器	正常	正常	關閉	關閉	關閉	關閉
水箱風扇	作用	不作用	作用	不作用	作用	不作用
過熱保護裝置	無	無	無	無	有	有
水溫(°C)	92-96	超過 101	超過 101	超過 101	89-97	穩定在 99
結果	正常	過熱	過熱	過熱	正常	安全

二、裝置普及性評估

本研究以 Toyota Yaris 引擎為實驗對象，進一步評估將系統應用在不同汽車製造廠設計引擎的可行性。除了查閱各個引擎的修護手冊瞭解相關零件位置外，並以實際車輛來印證引擎冷卻系統相對位置評估裝置的可行性。研究發現各汽車製造廠節溫器大致區分為二位置：1、下水管與引擎本體接合處；2、上水管與汽缸蓋接合處。本次挑選國內常見汽車製造廠設計之引擎冷卻系統，其節溫器裝置位置分析如表 2 所示。

表 2 節溫器裝置位置分析

節溫器裝置位置	下水管與引擎本體接合處	上水管與汽缸蓋接合處
Toyota Yaris	✓	
Mitsubishi Colt plus	✓	
Nissan Tiida	✓	
Honda Accord	✓	
Ford Focus		✓
BMW 320i		✓
Mercedes Benz E320		✓
Volvo S40		✓
Volkswagen Golf		✓

本實驗所採用的 Toyota Yaris 引擎是將節溫器裝置於下水管，當節溫器故障在關閉位置，冷卻液無法進入引擎本體，透過下水管處三通管與過熱保護裝置的設計，冷卻液避開故障的節溫器，再將應用於暖氣回流至引擎的冷卻液入口作為旁通管路，引導冷卻液回流至水泵。如圖 36 所示。

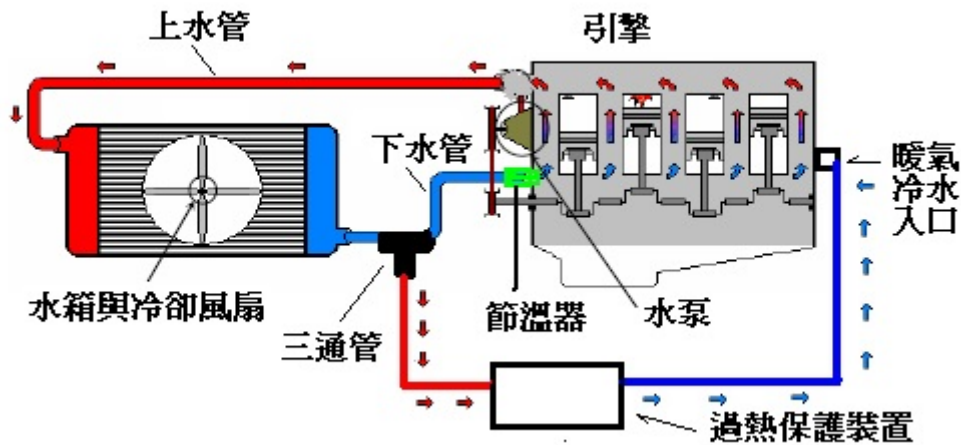


圖 36 下水管處過熱保護裝置

另一種節溫器裝置位置為冷卻上水管處，因節溫器故障在關閉位置，冷卻液無法流出引擎至冷卻水箱，因此可將高溫的冷卻液從暖氣熱水出口引導至過熱保護裝置，再將三通管設置在上水管的位置，使冷卻液可流經上水管至水箱冷卻。如圖 37 所示。

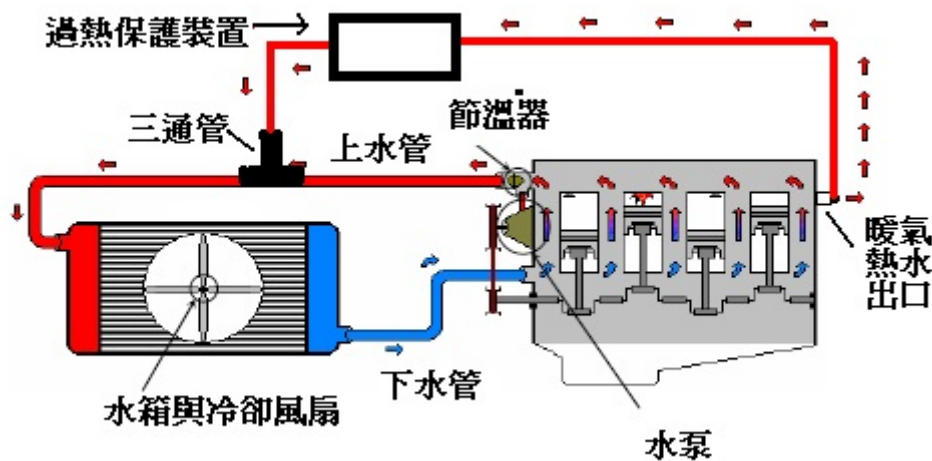


圖 37 上水管處過熱保護裝置

經測試，不論節溫器在上水管或下水管位置均可以加裝本系統。節溫器裝置位置不同的差別在於過熱保護裝置作用時，裝置於上水管處的系統需承受較高溫的冷卻液，系統零件需要耐高溫的特性。裝置於下水管處的系統因高溫冷卻液已經由冷卻水箱冷卻，接觸到較低溫的冷卻液，耐高溫的需求較低。

在引擎室裝置此過熱偵測保護裝置需考量原有引擎室空間，本實驗建置的保護裝置佔用空間不大，採用的控制電腦、水管、電磁閥、散熱水箱及輔助風扇均經過些微改裝調整即可安置於引擎室內，亦不會影響到引擎原有裝置的功能，實用性高。另外，考量建置成本，本系統使用材料成本約三千元，對車主負擔不大。所以，本研究所發展的汽車引擎冷卻系統過熱偵測保護裝置，其裝置實用性及普及性均可期待。

三、研究遭遇困難與討論

(一)診斷電腦訊號中斷

實驗過程中遇到的問題主要是當電磁閥作動或引擎轉速提高時，汽車診斷電腦軟體極易發生當機情形，這時資料記錄全部消失。團隊便開始思考解決問題，步驟如下：

1. 線路接線問題：查看線路的接線是否有接觸不良或是有短路到搭鐵的情形。
2. 線路簡單化：當確定線路接線都正常，但問題還是沒有解決時，則必要將複雜的線路簡單化。這是將各個作動進行單獨的測試，查看是哪一個作動器作動比較會發生故障。
3. 電壓穩定度：當電磁閥與油門作動過程中產生不穩定的電壓，診斷電腦的訊號就開始斷訊。查探作動器訊號、線路連接器與保險絲後，發現訊號中斷來自引擎綜合電路保險絲盒。主因是引擎運轉中，經常的震動造成保險絲接觸不良。當系統作動時，產生極不穩定的電壓影響到診斷電腦訊號。在排除這個問題後，診斷電腦不再訊號中斷。

(二)汽車引擎轉速控制

汽車診斷電腦著重於數據的採集與故障碼讀取，無法直接控制引擎的轉速。在進行模擬不同故障狀況的實驗時，無法以相同的引擎轉速做模擬實驗，只能以手動方式操作讓引擎轉速在一個趨近相同的範圍內運轉，讓測試結果不會因轉速變化的問題產生極大的差異。

柒、結論

在薪水不漲物價持續上漲的年代裡，舊車換新車的時間延長及購買中古車機率增高，車主遭遇引擎冷卻系統問題也隨之增加。積極的作為除了車輛定期保養檢查外，加裝汽車引擎冷卻系統過熱偵測保護裝置，使單純節溫器故障關閉時，系統立即發揮功能，讓引擎冷卻液溫度維持正常。即便在節溫器與冷卻風扇雙重故障，引擎轉速在 1500 至 1700 rpm 範圍時，過熱保護系統仍能輔助冷卻，使引擎能維持基本運轉並以時速 40 公里行駛，讓行駛於危險路段的車輛，能夠移至安全的地點或最近的汽車維修廠進行修護。另外，不明原因導致引擎水溫過高亦會傳送警示訊號，讓駕駛獲得預警儘早做出防衛機制。因此，本裝置可有效避免引擎冷卻系統過熱問題所造成的生命及財產的損失。

捌、參考資料

Arduino介面控制板簡介。檢自：

<http://icerc.tnssh.tn.edu.tw/download/epaper/epaper43/20091130.pdf>

YARIS修護手冊（民95）。臺北市：TOYOTA汽車股份有限公司。

林宗達（民95）。引擎冷卻流場與熱傳特性之研究（未出版之碩士論文）。國立台北科技大學車輛工程系所，臺北市。

林宗達（民95）。智慧型引擎冷卻系統技術發展介紹。《機械月刊》，284，54-62。

林福盛（民99）。汽車引擎異常的預警系統之研發（未出版之碩士論文）。大同大學機械工程學系，臺北市。

邱傳福（民96）。水溫感知系統之特性分析與故障檢測（未出版之碩士論文）。國立台北科技大學車輛工程系所，臺北市。

劉崇富譯（民92）。汽車學(一)：汽車引擎。第十版。臺北市：美商麥格羅希爾。

羅定綸（民103）。冷卻液技術剖析。《修車人雜誌》，94，24-27。

【評語】 090903

本作品製作一套可防汽車因冷卻系統故障而無法行駛之替代冷卻系統，可在節溫器和水箱風扇皆故障的緊急狀況下使用替代冷卻系統維持低轉速運轉，以利度過難關，用意頗佳。

建議認真考慮此替代冷卻系統在汽車引擎室的空間並容性，及仔細探討此系統的工作持久性，以滿足實際使用環境。