

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 生活與應用科學科

佳作

040810

史特林你真酷

學校名稱：國立華南高級商業職業學校

作者： 高二 侯冠志 高二 呂致瑋 高二 王懷敏	指導老師： 王明宗
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：史特林、熱發電晶片、致冷晶片

史特林你真酷

摘要

本研究是以致冷晶片來降低史特林引擎冷卻部溫度提昇運轉效率，並使用發電晶片來提供致冷晶片致冷時之所需電力，希望能藉由此實驗探討，創造效能更佳的史特林引擎，降低對石油的依賴性。

壹.研究動機

最近油價居高不下，市場上的確供不應求，長遠來看，這樣的趨勢只會日益嚴峻，另一方面，由於大量消耗石化能源，也對環境造成極大的衝擊，二氧化碳的濃度和排放量都創下了前所未有的記錄，衍生的各種後果不堪設想，減少依賴石化能源勢在必行。近來由於環保意識的抬頭，史特靈引擎低污染、高效率的特點促使它再度被注意。

史特林引擎是一個將熱能轉換成動能的熱機(heat engine)，然而史特林引擎的原理和您汽車中的內燃機引擎卻大大的不同。所謂「內燃」機是指燃料在引擎內部燃燒、產生動力，而史特林引擎卻是一部「外燃」機，也就是熱源在引擎的外部。沒有爆炸或燃燒發生，也不需要進氣排氣閥來排放燃燒後的高壓廢氣，也因為如此，史特林引擎的構造相對簡單，運轉也非常安靜。

目前史特林引擎的研究大都以熱能取得為研究方向，但史特林引擎缺點為其材質無法避免熱源對熱室的侵蝕及高低溫差的控制很困難，這表示一味追求熱源最終還是無法克服材質的限制及因熱擴散而無法保持高低溫差。本實驗目的在於抑制史特林冷卻部的溫度上升，在研究過程中，我們發現可用史特林引擎的加熱部溫度來驅動發電晶片產生電力，並供致冷晶片用來抑制史特林冷卻部溫度上升時所需之冷度來源，使得高低溫差的控制很困難的問題得以解決，進而提高史特林引擎的效能。

貳.研究目的

- 一、抑制史特林冷卻部的溫度上升，提高史特林引擎的效能。
- 二、利用史特林引擎的加熱部溫度，驅動發電晶片產生電力，並將電力作用於致冷晶片，在不需要額外能源下使冷熱面溫差加大。

參.研究器材與設備

- 一、器材：
 - (一) 轉速計
 - (二) 直流電源供應器
 - (三) 電流表
 - (四) 三用電表
 - (五) 數位溫度計

- (六) 控溫裝置
- (七) 導熱管散熱鰭片
- (八) Y 型史特林引擎
- (九) 熱發電晶片、致冷晶片
- (十) 散熱鰭片
- (十一) 自製鋁塊
- (十二) 電熱管
- (十三) 散熱風扇
- (十四) 散熱膏
- (十五) 桌上型車床
- (十六) 桌上型銑床

			
(一)轉速計	(二)直流電源供應器	(三)電流表	(四)三用電表
			
(五)數位溫度計	(六)控溫裝置	(七)導熱管散熱鰭片	(八)Y 型史特林引擎
			
(九)熱發電晶片、致冷晶片	(十)散熱鰭片	(十一)自製鋁塊	(十二)電熱管
			
(十三)散熱風扇	(十四)散熱膏	(十五)桌上型車床	(十六)桌上型銑床

圖 3-1-1

肆.研究方法與過程

一、史特林引擎 (Stirling Engine) 工作原理

從熱力學理論來看，系統所做的功是可以 100% 轉變為熱能，但是引擎的運作是利用熱能來轉換成功，而實際上這樣的轉換是無法達到100%。通常熱機引擎的運作是利用高低溫差來吸收與釋放熱量，將其間的溫差轉變為所輸出的功。利用輸出的功，我們便可以使用來推動運作其他機械，形成動力。

依空氣引擎的動作原理說明：

(一) 氣體的熱脹冷縮

根據熱學理論，具有質量的物質，會有熱脹冷縮的效應，因此，當氣體遇熱會產生膨脹，遇冷則收縮。

因此，若能使氣體反覆進行膨脹與收縮，那將可以得到一種機械式的往復運動，並利用它來推動活塞。於是可設計出高、低溫室如下：

1. 當冷室冷卻部氣體被擠往熱室加熱部後，氣體會膨脹，推動活塞

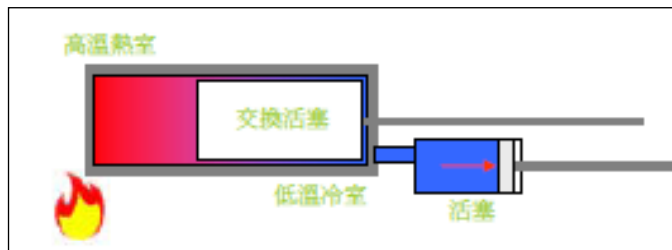


圖 4-1-1

2. 當熱室加熱部氣體被擠往冷室冷卻部後，氣體會收縮，活塞縮回

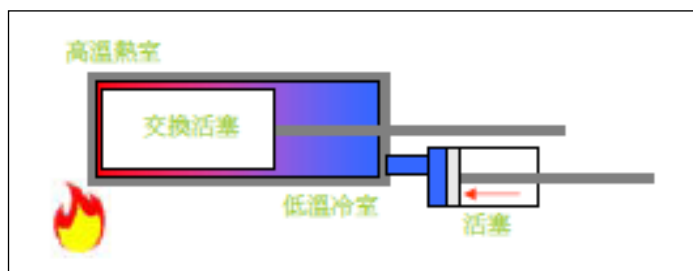


圖 4-1-2

(二) 曲軸機構與相位差

有了往復運動之後，活塞便可以連結曲軸，將移動的形式轉換成旋轉形式，帶動飛輪進行轉動。

為了能夠讓加熱部的氣體交換自動進行，因此我們亦將移氣活塞連結至曲軸，讓旋轉的飛輪帶動其進行交換運作。

由於氣體在膨脹與收縮的過程中，與活塞間會出現一個 90 度的相位時間差，因此，要使機構能沒有停滯地順利運作。連結活塞的兩曲軸柄必須設置相差 90 度角。

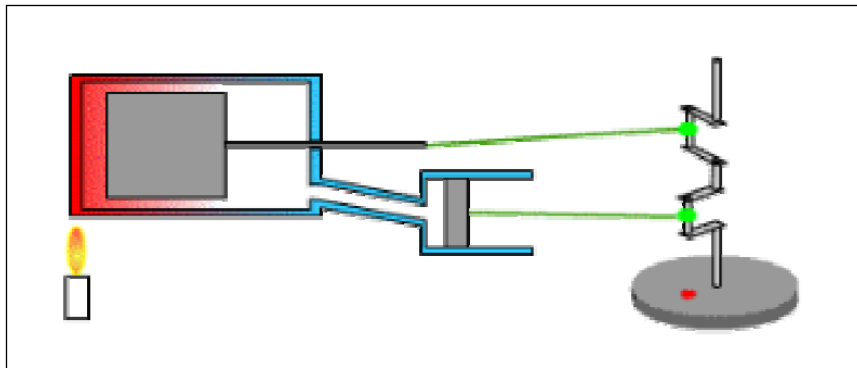


圖 4-1-3 連結 Displacer 交換器

二、熱發電晶片的特點

目前太陽光能源的轉換是以太陽光電模板的發電為主流。但是它的轉換效率還是無法讓人滿意。許多國家已把熱電發電晶片列為可以發展的方向之一。它的構想是利用太陽光產生高溫。再利用高溫來發電。

三、致冷晶片的特點

熱電致冷晶片與傳統冷凍壓縮機互相比較，有優點，但也有缺點。它的體積小，無噪音，不使用冷煤，因此無環保公害。壽命長。可倒立或側立使用，無方向的限制。特別適用於航空器或太空艙。造價較高，但日後幾乎不需維護。

四、實驗步驟與流程

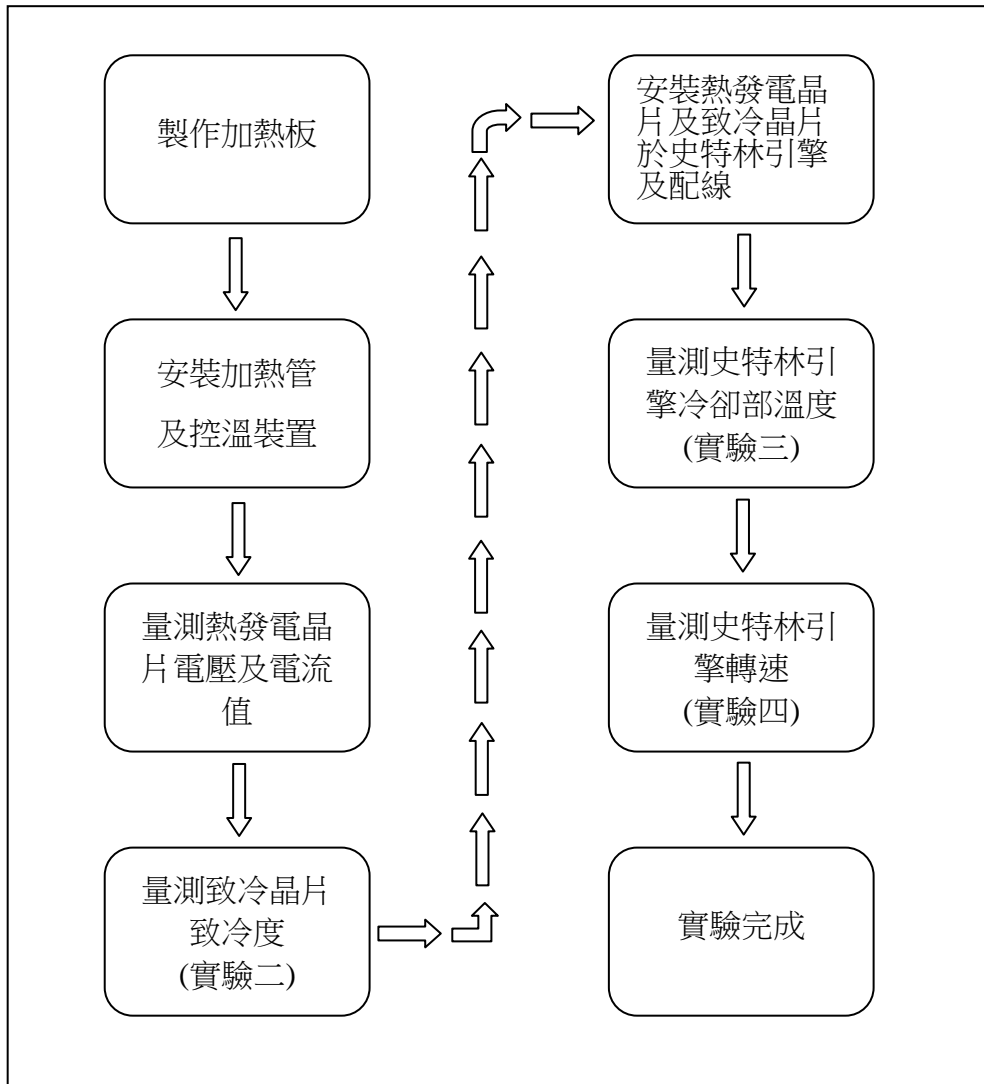


圖 4-4-1

五、本實驗是以一個交換器型(Displacer)，或稱為 γ 型，利用移氣活塞使冷熱氣體在同一室內進行冷熱的交替。此形式的優點是，可以在溫差較低的情形下運作，減少高與低溫度控制的困難度。本實驗所使用的史特林引擎(圖4-5-1)，以其在室溫下的轉速做為其效能之評估。

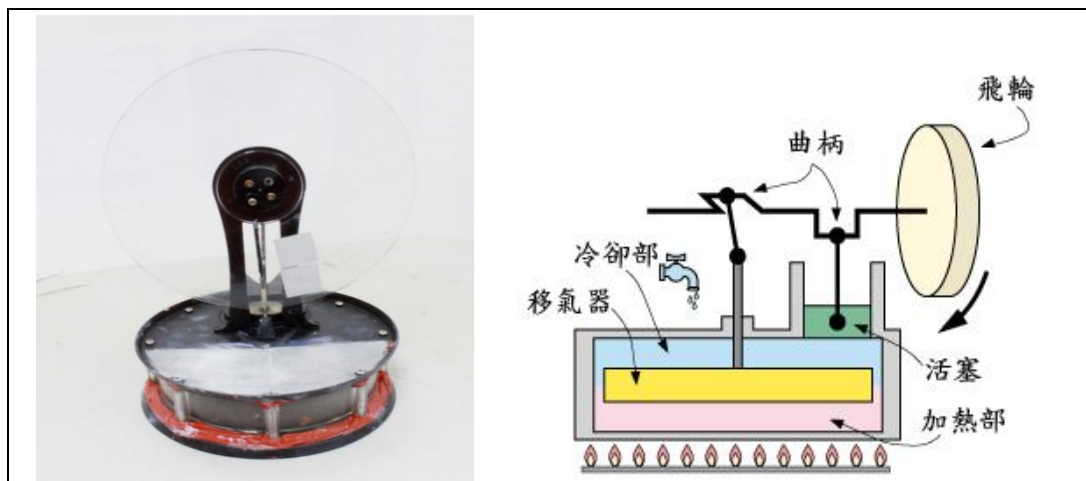


圖 4-5-1

六、以鋁塊製作一模擬加熱裝置，以電熱棒做為其熱源裝置如(圖 4-6-1)，本實驗期能提昇熱效率。



圖 4-6-1

七、史特林引擎是利用溫度差為動力，本實驗期以致冷晶片降低史特林引擎冷卻部之溫度，提高其冷熱面溫差，裝置連接方式如(圖 4-7-1)。為降低發電晶片運作時所產生的熱，依太陽能熱水器的原理自製散熱裝置如(圖 4-7-2)，其散熱原理如(圖 4-7-3)，如此不需要額外能源來協助散熱，本實驗致冷晶片之工作電壓來源是由史特林引擎之熱面溫度使發電晶片產生之電壓來提供，裝置連接方式如(圖 4-7-4)，而不必靠外部電力提供工作電壓。

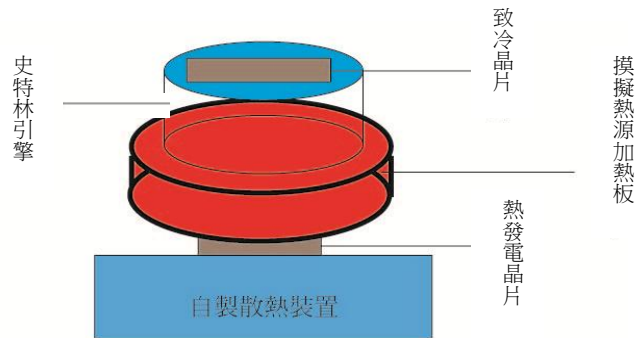


圖 4-7-1

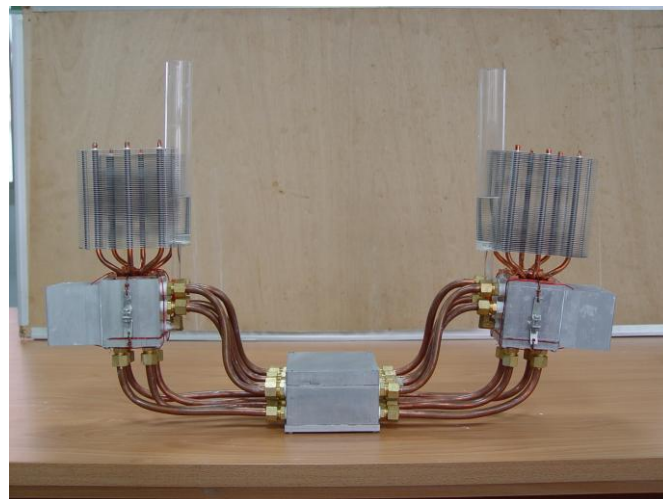


圖 4-7-2

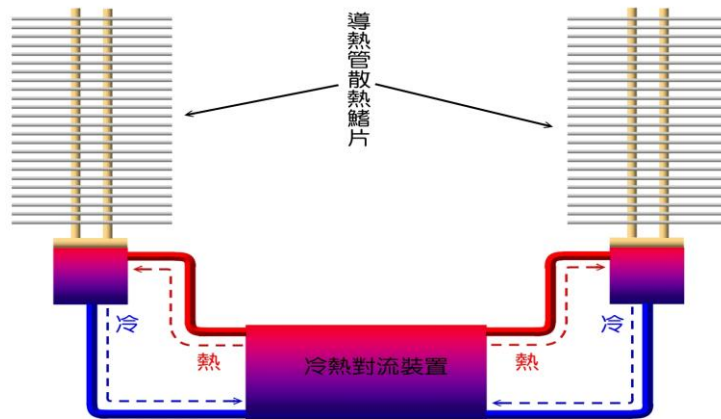
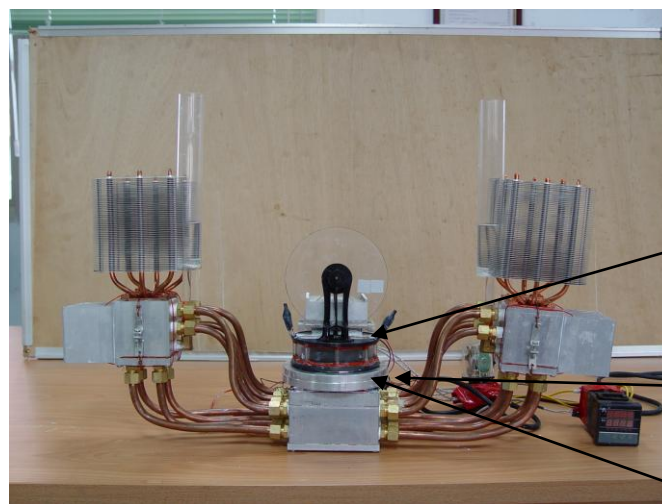


圖 4-7-3



致冷晶片

熱發電晶片(置於加熱裝置下)

加熱裝置

圖 4-7-4

八、量測加熱部溫度與單顆發電晶片電壓、電流及致冷晶片致冷度之各項數據資料如下表(表一)：

加熱部溫度(°C)	單顆發電晶片 電壓(V)	單顆發電晶片 電流(A)	單顆發電供電致 冷晶片致冷度(°C)
50	1.46	0.15	18.2
55	1.7	0.17	17.7
60	1.96	0.2	17.2
65	2.22	0.22	16.7
70	2.5	0.25	16.3
75	2.77	0.28	15.9
80	3.03	0.3	15.4
85	3.3	0.33	14.9
90	3.59	0.35	14.4
95	3.85	0.38	14
100	4.15	0.4	13.4
105	4.4	0.41	13.1

110	4.63	0.45	12.8
115	4.94	0.46	12.3
120	5.21	0.5	11.9
125	5.48	0.52	11.5
130	5.78	0.54	11
135	6.01	0.57	10.6
140	6.35	0.59	10.3
145	6.54	0.61	10
150	6.81	0.63	9.6

表一

九、量測加熱部溫度與雙顆發電晶片電壓、電流及致冷晶片致冷度之各項數據資料如下表(表二)：

加熱部溫度(°C)	兩顆發電晶片 並聯電壓(V)	兩顆發電晶片 並聯電流(A)	兩顆發電晶片供 致冷晶片致冷度(°C)
50	1.63	0.26	8.2
55	1.91	0.29	6.5
60	2.26	0.34	6
65	2.45	0.38	5.8
70	2.73	0.41	4.7
75	3.02	0.43	3.7
80	3.31	0.46	2.7
85	3.59	0.5	1.7
90	3.89	0.64	0.7
95	4.22	0.7	0.1
100	4.5	0.75	-0.4
105	4.84	0.8	-1.3
110	5.13	0.84	-1.8
115	5.44	0.87	-2.1
120	5.78	0.93	-2.6
125	6.09	0.97	-3.1
130	6.45	1	-3.5
135	6.78	1.03	-4
140	7.13	1.1	-4.2
145	7.55	1.13	-4.4
150	8.03	1.2	-4.6

表二

十、分析發電晶片之發電效能，其加熱部溫度與電壓之關係如下圖(圖 4-10-1)

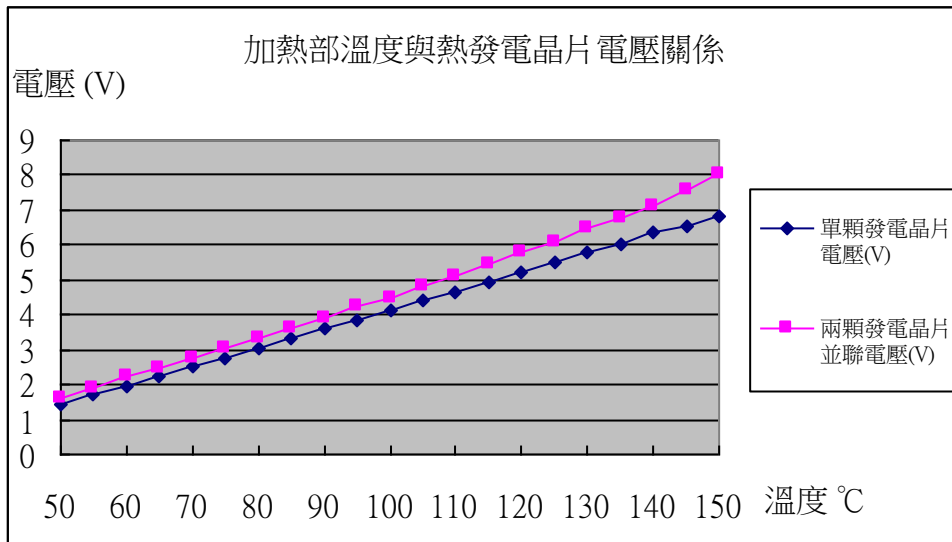


圖 4-10-1

※經由上列實驗數據得知，發電晶片會隨著溫度增加而提升發電效能，但單顆發電晶片及兩顆並聯發電晶片的電壓並沒有因數量的不同而有明顯的差異。

十一、分析發電晶片之發電效能，其溫度與電流之關係如下圖(圖 4-11-1)

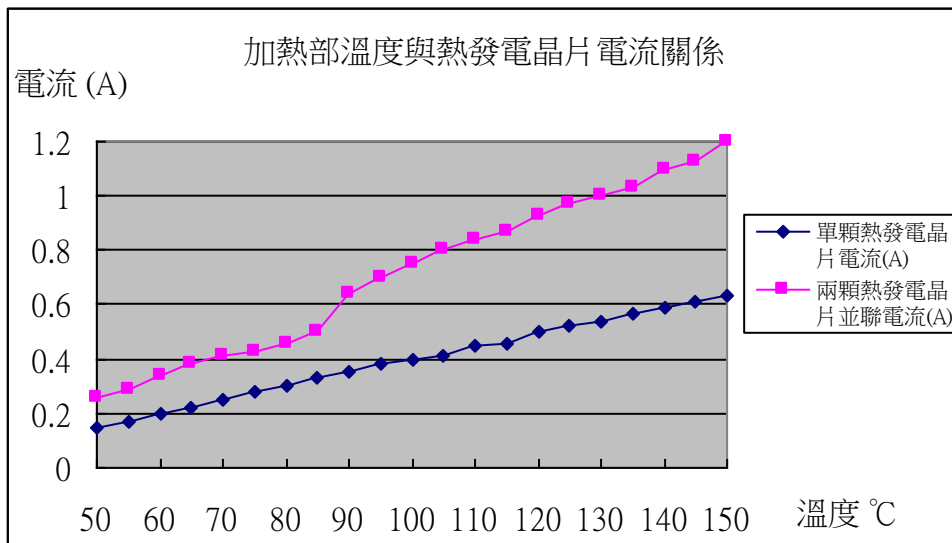


圖 4-11-1

※經由上列實驗數據得知，但單顆發電晶片及兩顆並聯發電晶片的電流會因數量的不同而有明顯的差異。

十二、分析加熱部溫度與致冷晶片之冷度關係如下圖(圖 4-12-1)

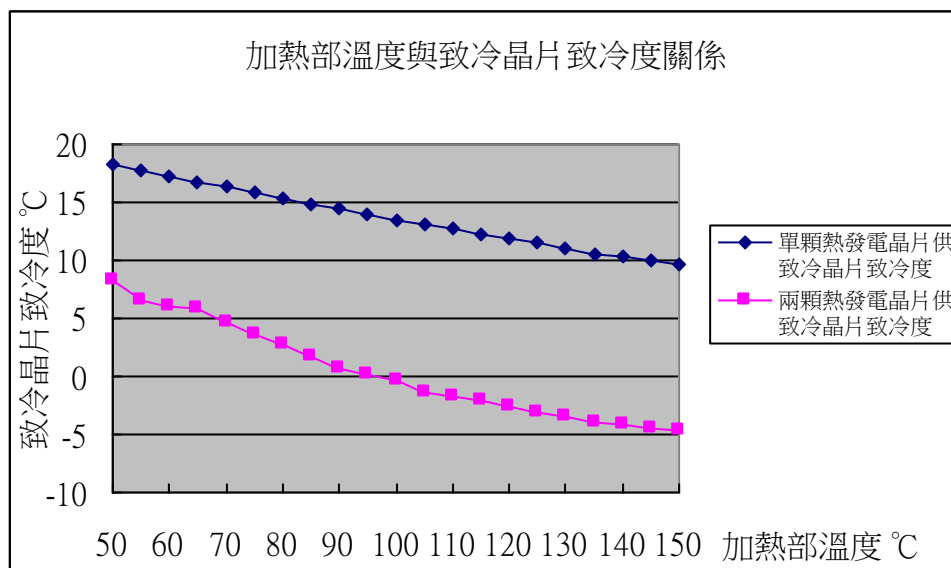


圖 4-12-1

※經由上列實驗數據得知兩顆發電晶片供一片致冷晶片致冷度較單顆發電晶片供一片致冷晶片致冷度效果佳。

伍.研究結果

經由電壓、電流對致冷晶片之冷度關係實驗數據得知，致冷晶片除了因工作電壓提升而增加致冷效率外，其工作電流的增加才是提升致冷效率的主要因素。

再經加熱部溫度對熱發電晶片之發電效能實驗數據得知，當熱發電晶片採取兩顆並聯時，其電流值呈倍數增加，正好符合並聯電流公式 $I=I_1+I_2$ ，所以要讓致冷晶片真正有效的提升致冷效率就是要同時並聯多個熱發電晶片以增加致冷晶片所需之電流，但在實際運用上，因受史特林引擎的加熱部面積限制，本實驗裝置最多只能放置四片熱發電晶片，而每組冷卻系統是採取兩個熱發電晶片並聯後供一顆致冷晶片所需之電壓、電流，本實驗是以兩組冷卻來抑制冷卻部的溫度。

經由史特林引擎安裝熱發電晶片、致冷晶片及配線後，其冷卻部有無致冷晶片時轉速及冷卻部溫度之各項量測數據如下表(表三)：

加熱部溫度(°C)	未加致冷晶片轉速(RPM)	未加致冷晶片冷卻部溫度	有加致冷晶片轉速(RPM)	有加致冷晶片冷卻部溫度
50	157.8	30.9	215.7	24.6
55	171.3	32.2	251.8	24.6
60	184.3	33.9	278.5	24.5
65	196.4	35.2	312.1	24.6
70	213.3	36.8	374.7	24.7
75	229	37.1	407.1	25
80	252.5	38.6	413.8	25.4
85	257.1	40.4	431.6	25.8
90	285.1	42.9	456.6	26.1

95	304.4	43.7	479.8	26.5
100	315.6	44.1	505.1	26.6
105	326.7	46.6	538.9	27
110	346.2	47.8	554.4	27.4
115	360.1	49.2	586.8	27.9
120	385.4	50.6	597.1	28.7
125	395.3	51.1	610.8	29.3
130	407.4	51.5	612.6	29.6
135	413.3	52.4	629.9	30.5
140	417	53	657.4	31
145	434	53.3	679.4	31.1
150	449.7	53.5	688.9	31.2

表三

經實驗數據證明，加熱部的熱量會經由汽缸的壁面流到冷卻部而使其呈梯度式的溫度分佈消失，而使得低溫部的溫度逐漸上升，加熱部與低溫部溫差減少，而降低引擎的壓縮比，最終降低引擎的運轉效率。為使低溫部的溫度維持於低溫，控制與保持溫差，其方法不外有：

(一)、提升加熱部溫度，但無法避免熱源對材質的侵蝕，可能損壞引擎。

(二)、降低冷卻部溫度，目前方式為使用額外的能源製造乾冰或冰水降溫，不符合能源效益。

而近來由於環保意識抬頭，史特林引擎低污染、高效率的特點促使它再度被重視，但現今研究大都以熱能之取得為研究方向，如地熱、太陽能等自然能源。

本實驗我們以冷卻部冷之取得為研究目標，來使冷卻部與加熱部溫差變大，而我們採取的方法是使用致冷晶片來抑制冷卻部的增溫速度，其冷卻部未加致冷晶片與有加致冷晶片之比較如下：

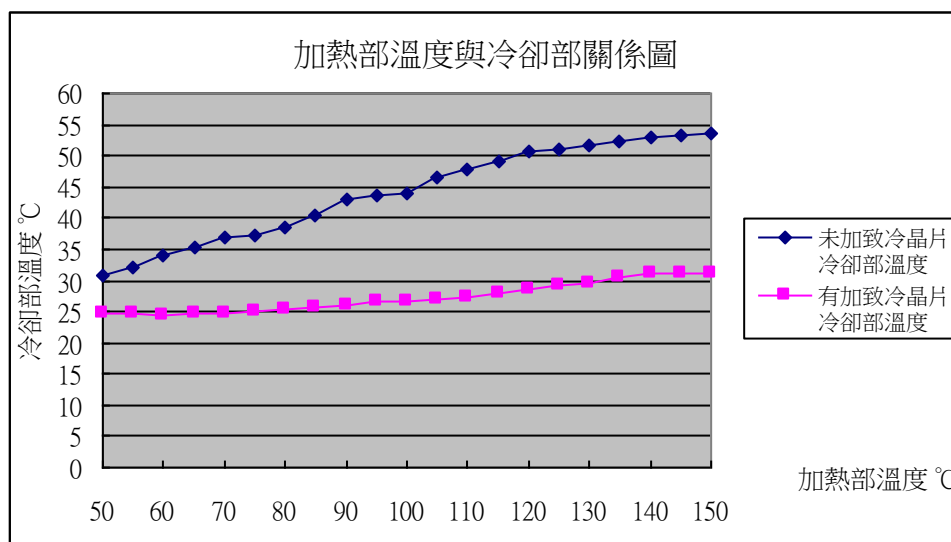


圖 5-1-1

※經由上列實驗數據得知有加致冷晶片在冷卻部抑制增溫的速度上有明顯的效果

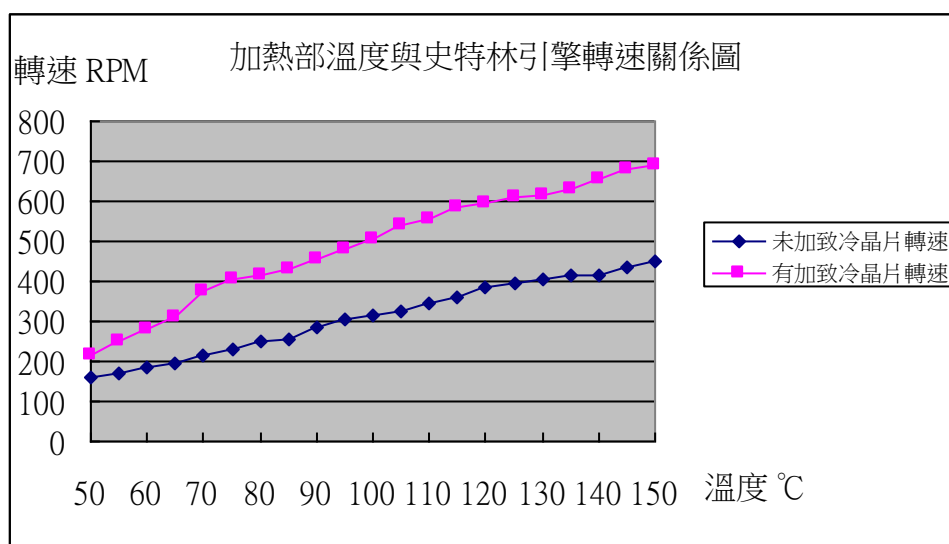


圖 5-1-2

※經由上列實驗數據得知加致冷晶片在提升史特林引擎的轉速上具有更大的效率。

陸、討論

一、尋找發電晶片更有效的加熱方法

因為受限於史特林引擎加熱部的面積，所以在發電晶片的數量也受到限制，而影響致冷晶片的冷卻效果，以致於無法將史特林引擎的效能發揮到極致。

二、尋求更小的散熱裝置

由於熱發電晶片及致冷晶片在運作上需散熱，目前所用的散熱裝置為導熱管散熱鰭片，其優點為不需使用散熱風扇即可達到散熱效果，但其缺點為體積較大，而使得整體裝置也隨之增大。

三、尋求熱發電晶片更有效益的用途

由於本實驗著重於史特林引擎的效能提升，但研究過程發現熱發電晶片的效能優於一般太陽能電池，尤其在電流值的表現，只要熱發電晶片的數量够，足以驅動需要高電流的電子裝置，其應用將更為廣泛。

四、擴大能適用本實驗抑制史特林冷卻部的溫度上升的地區

本實驗是以致冷晶片來抑制史特林冷卻部的溫度上升，來提升加熱部及冷卻的溫差，但以目前的裝置只適用於陽光充足的亞熱帶及熱帶地區，因寒帶及溫帶地區的氣溫很容易達到本裝置之致冷晶片致冷度，所以有無加裝本裝置並無太大差別，但史特林引擎如要採取陽光為熱源的話，也不適用於寒帶及溫帶地區。

柒、結論

本實驗我們以冷卻部冷之取得為研究目標，利用史特林引擎的加熱部溫度，驅動發電晶片產生電力，並將電力作用於致冷晶片來使冷卻部與加熱部溫差變大，在不需要額外能源下使冷熱面溫差加大，經由實驗數據得知有加致冷晶片在冷卻部抑制增溫的速度上有明顯的效果，進而提升史特林引擎的轉速效率。近來由於環保意識的抬頭，減少依賴石化能源勢在必

行，史特林引擎低污染、高效率的特點值得再度被重視，期本實驗結果能提供史特林引擎一嶄新研究方向。

捌、參考資料

周鑑恆(民 97)。能源之星—史特林引擎。物理雙月刊(卅卷四期)。

曾玉泉(民 95)。極速引擎的魅力-史特林引擎的介紹、製作與教學活動設計。國立台灣師範大學工業科技教育研究生。

小林義行、賴光哲、松尾政弘、平尾尚武(民 95)。模型熱空氣引擎圖面集。世茂出版有限公司。臺北。

天地能源暨溫控器材行。 <http://www.tande.com.tw/index.htm>。

【評語】 040810

本作品係以致冷晶片結合史特林引擎，以抑制史特林引擎冷氣之溫度升高，有效控制高低溫差，進而提升引擎效能。本作品設計巧妙，除了用致冷晶片控制溫度上升，亦以引擎加熱部溫度驅動發電晶片產生致冷時所需電力；作品製作及實驗過程充分運用科學方法，有條不紊，所得到的研究成果具備實用價值。