

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學(一)

組 別：國小丙組

作品名稱：真冰風扇—熱電致冷器探討與應用

關 鍵 詞：冰風扇、熱電致冷器

編號：

目錄

摘要	1
壹、前言	1
貳、研究設備及器材.....	6
參、研究方法.....	7
肆、研究結果.....	9
伍、討論.....	18
陸、結論.....	20
柒、參考文獻資料.....	21

摘要

本研究旨在探討並改良市售「冰敷風扇」無法吹出冷風的問題。透過 Arduino 與 LM35 溫度感測器量測發現，市售產品雖具備接觸降溫效果，但因致冷器與風扇平行配置且缺乏冷、熱風分流，導致吹出來的風溫反而上升。在研究中提出三項改良方案：第一，將致冷器由平行改為與氣流垂直，強制空氣經過冷板；第二，經多次實驗選定最佳散熱片與冷板組合，平衡致冷功率與接觸面積；第三，設計具圓弧導流板的風道，將熱端氣流由上方排出，避免與冷風混合。實驗結果顯示，使用隔熱性佳的 PVC 風管搭配上上述設計，在室溫 19.5°C 下，冷道溫度可穩定降低約 3.5°C，成功突破市售產品限制，實現真正的「冰風」效果。

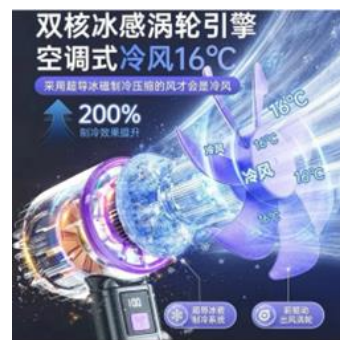
壹、前言

一、研究動機

每到夏天，天氣常常非常炎熱，氣溫升高時，人們容易感到悶熱與不舒服。為了讓自己感到比較涼快，很多人會使用電風扇或冷氣來幫助降溫。在日常生活中，電風扇是一種非常常見的電器，例如家中的立扇、桌扇，以及近年來非常流行的手持式小風扇。由於手持式風扇體積小、攜帶方便，因此在戶外活動、通勤或排隊時，也常常可以看到許多人拿著小風扇來吹風降溫。這些產品的廣告中宣稱可以產生「冰感風」，甚至標示可以「吹出 16°C 冷風」，有些產品還特別強調是「冰敷風扇」如圖(1)，似乎能夠吹出比一般風扇更冷的風如圖(2)。看到這些宣傳時，讓我們感到非常好奇：如果只是一般的風扇，理論上應該只是把周圍的空氣吹向人體，那麼它是如何達到所謂「冰感降溫」的效果呢？



圖(1)手持風扇廣告圖(風扇 DM 截圖)



圖(2)手持風扇結構圖(風扇 DM 截圖)

為了了解這些問題，我們查詢了一些相關資料後發現，一般的電風扇其實並不像冷氣機一樣可以降低環境的空氣溫度，它的主要功能是讓空氣產生流動。當風扇吹向人體時，流動的空氣可以把皮膚表面較溫暖的空氣帶走，並讓新的空氣取代原本的空氣，這樣可以加快人體與環境之間的熱交換。此外，在炎熱的環境中，人體會透過流汗來調節體溫，而汗水在蒸發的過程中需要吸收熱量，因此會帶走皮膚表面的熱能。當風扇吹向人體時，空氣流動可以加快汗水蒸發的速度，因此人體就會感覺更加涼爽。如果身體表面有比較多汗水，被風吹時可能會感覺到更明顯的降溫效果。然而，市面上的冰敷風扇除了利用風力之外，還宣稱具有「冰感」或「快速降溫」的效果，這也讓我們更加好奇這類風扇的實際運作方式。例如，它是否真的能讓吹出的空氣溫度明顯降低？還是主要改變的是人體的體感溫度？如果能透過實驗來測量風扇吹出的空氣溫度與人體表面溫度的變化，或許就能更清楚了解風扇降溫的真正原因。

因此，我們想透過這次科學研究，了解冰敷風扇的降溫效果是否真的有所不同，並透過實際觀察、測量與實驗，了解風扇吹出的風是否真的會讓周圍空氣溫度下降，或是主要影響人體的體感溫度。並嘗試改良風扇的結構。例如，改變風扇的風道設計、搭配致冷器的降溫方式，讓風扇吹出的風變得更加涼爽。

二、研究目的

市面上出現許多聲稱具有降溫效果的手持式冰敷風扇，在結構設計上仍存在限制，尤其在氣流路徑與冷熱端熱量管理方面，尚未能有效利用致冷器的低溫端來降低吹出氣流的溫度。因此，本研究首先以探討現有冰敷風扇結構為出發點，分析其在致冷片配置、散熱片結構與氣流流動方向上的可能問題，藉此了解為何目前多數產品無法達到「吹出冷風」的效果，並作為後續改良設計的重要依據。

基於上述觀察，本研究的主要目的在於重新設計手持冰敷風扇的內部結構，使致冷器的低溫端能更有效地影響風扇氣流，進而達到降低吹出風溫的效果。研究內容將從三個方向進行改良：第一：改變致冷片在整體裝置中的位置配置---使冷端更接近氣流通道，增加空氣與低溫表面的接觸機會；第二：重新配置散熱片與冷板的形狀與尺寸，使熱端能快速將熱量排出裝置外部，同時讓冷端具備較大的有效換熱面積，以提高對氣流降溫的效率；

第三：設計風道結構，將氣流分為冷風路徑與熱風路徑，使致冷器產生的冷端與熱端氣流能夠有效分流，避免熱端產生的熱量重新混入冷風之中。透過上述設計，希望能改善傳統冰敷風扇僅具備接觸降溫的限制，使裝置在開啟致冷功能時，能吹出低於室溫的冷風，進一步提升其實際降溫效果與使用舒適度。最終，本研究期望透過實驗測量與數據分析，驗證改良設計是否能有效降低吹出氣流的溫度，並為未來手持式冷風裝置的設計提供可行的參考方向。

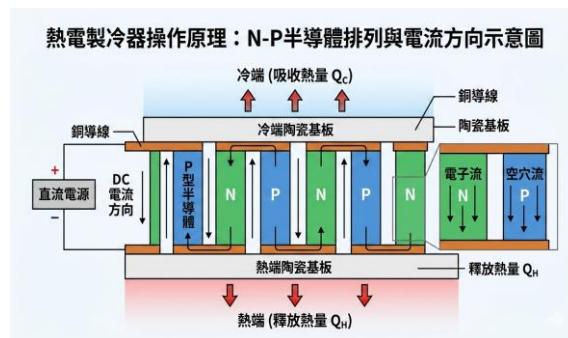
三、文獻回顧

(一)熱電致冷器操作原理

在日常生活中，我們常常會使用到各種冷卻設備，例如冰箱、冷氣機或是小型冷藏箱。這些設備大多利用壓縮機和冷媒來製造冷空氣。不過，還有一種比較特別的冷卻裝置，叫做熱電致冷器（TEC）。它不需要壓縮機，也不需要冷媒，而是利用電流和特殊材料來達到冷卻的效果，因此被稱為一種固態製冷技術。

熱電製冷器的工作原理主要來自一種科學現象，叫做佩爾帖效應（Peltier Effect）。這個現象是指當電流通過兩種不同材料的接點時，其中一邊會吸收熱量變得比較冷，而另一邊則會釋放熱量變得比較熱。也就是說，當電流通過裝置時，熱量會被「搬運」到另一個地方。利用這個原理，就可以把需要冷卻的地方的熱量帶走，讓那個地方變得比較涼。熱電製冷器的結構其實並不複雜。當電源接到熱電製冷器時，電流會從一端流入裝置，並依序通過 N 型與 P 型半導體。在其中一側的接點，電子在移動的過程中需要吸收能量，因此會從周圍環境吸收熱量。這樣一來，該位置的溫度就會降低，形成冷端。當電子流到另一側接點時，多餘的能量會被釋放出來，變成熱能，使那一端變得比較熱，這一側就稱為熱端。因此整個過程就像是一個小小的「熱量搬運工」，把冷端的熱量搬到熱端，運作原理如圖(3)。為了讓熱電致冷器能夠正常運作，通常需要在熱端安裝散熱片或風扇。這樣可以把熱端產生的熱量散發到空氣中。如果熱端沒有把熱散掉，熱量就會慢慢回到冷端，讓冷卻效果變差。因此，良好的散熱是熱電製冷器能夠有效工作的關鍵之一。熱電製冷器還有一個很有趣的特性，就是如果把電流的方向反過來，原本的冷端和熱端也會互相交換。也就是說，本來冷的一側會變成熱的，而原本熱的一側則會變成冷的。因為這個特性，同一

個裝置既可以用來降溫，也可以用來加熱。



圖(3)熱電致冷器操作原理(AI 製圖)

熱電致冷器有一些優點：運作時幾乎沒有噪音、體積小、重量輕，可以安裝在很多不同的設備中，另外可以精準地控制溫度，因此常被用在需要精密溫度控制的儀器中。不過也有一些缺點：能夠產生的冷卻效果也比較有限，因此適合用在小型裝置上。總結來說，熱電製冷器是一種利用電流和特殊半導體材料來搬運熱量的冷卻裝置。當電流通過裝置時，一端會吸收熱量變冷，另一端會釋放熱量變熱，從而達到降溫的效果。雖然它的冷卻能力不如傳統冰箱，但因為體積小、安靜、可靠，因此在現代科技設備中扮演著非常重要的角色。

(二)熱電致冷器在製冷上的應用

在日常生活中，有很多利用致冷器製作相關產品，在科展研究與工程應用中非常多，下面簡述相關內容。

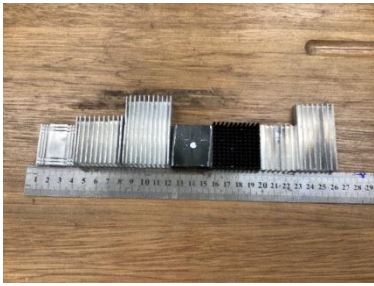
- (1) 『E 時代冷氣』科展作品：以致冷晶片搭配冷熱循環系統取代傳統冷氣機的壓縮機與氟氯碳化物冷媒，改用水與藥用酒精作為冷媒，在3~4 坪空間內 5~20 分鐘即可達到冷卻效果，並可節省約 10%電力，同時降低臭氧層破壞與溫室效應問題。
- (2) 『攜帶型多功能冷暖氣機』科展研究：為減少大量二氧化碳與氟氯碳化物造成的溫室效應、氣溫上升與臭氧層破壞，嘗試設計不使用傳統冷媒的冷氣機，改以致冷晶片進行降溫，以降低冷媒使用並減少對環境的影響。
- (3) 『微風六型水族冷暖過濾整合系統』科展研究：以致冷器作為冷卻核心並搭配電子控溫與雙重過濾系統，設計一套環保節能、價格低廉且維修方便的水族冷暖整合系統，使水族養殖具備良好的節能與實用性。

- (4) 『風生水起-空氣產水 IoT 裝置』科展研究：以致冷晶片與矽膠作為核心元件並整合物聯網控制系統，設計一套結合冷凝式與吸附式原理的模組化空氣產水裝置，實驗結果顯示在適當電壓與高濕度環境下可有效提升產水效率並達到良好的能源利用效果。
- (5) Youtube 影片：『可以結冰的風扇，你們給幾分？』、『半導體制冷風扇到底是不是智商稅？』，揭露使用致冷氣的冰風扇，在熱像儀下，當室溫 25°C 時，在冰敷片上可以量到最低溫度是 10.3°C，沒開製冷片風的溫度可達到 25°C，如果有開致冷片最高可達到 25.8°C。所以半導體致冷風扇冰敷是很涼的，但如果是吹風，風會變得比較熱。

綜合上述文獻可知，熱電致冷器在小型製冷裝置、電子設備散熱以及環保製冷技術方面具有良好的發展潛力。雖然其能源效率仍低於傳統壓縮式製冷系統，但透過改良材料、優化散熱設計與模組配置，仍有相當大的研究與發展空間。因此，本研究將參考上面成果，進一步探討致冷器在製冷系統中的應用與效能，作為實驗設計與研究方向的重要依據。

貳、研究設備及器材

備註：以下所有器材圖片皆為自行拍攝



散熱片正面圖



散熱片側面圖



散熱片背面圖



導熱膠、膏、隔熱膠



手持風扇及拆解圖



風速計



溫度感測器 LM35



致冷器 TEC1-3105



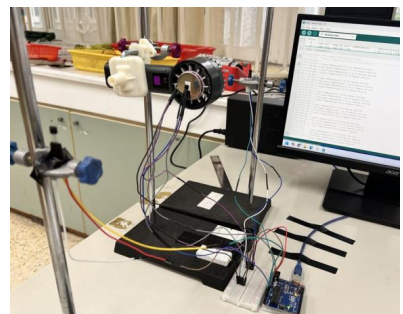
風扇加 PVC 管、鐵管



電源供應器



arduino uno 板



溫度量測系統

參、研究方法

在文獻回顧中，『冰風』只是智商稅，並無法達到銷售的廣告功能，所以在研究中將會透過即時電子量測方式，來確認冰風扇在不同風速與不同操作方式(正常、冰敷)下，各個位置的溫度，檢驗是否真的可以吹出『冰風』。然後我們將以這個冰風扇為基礎，以小型延伸的吹管，改變致冷器裝設位置，裝設適合的散熱片與冷板，並設計冷、熱分流的風道，來降低風扇吹出來的空氣溫度，進而實現真的『冰風扇』，最後探討吹管的材質對風溫度的影響。

一、市售冰敷風扇溫度量測

我們購買市售標榜可以「16°C降溫，強勁冰感風」的冰敷風扇，如圖(4)，使用 arduino uno + 多顆 LM35 溫度感測器，自行撰寫程式來量測空氣與不同位置的溫度(整個研究過程中所有溫度量測都使用這套系統)，來確認風扇運作時冷板與散熱片還有出風口的溫度。



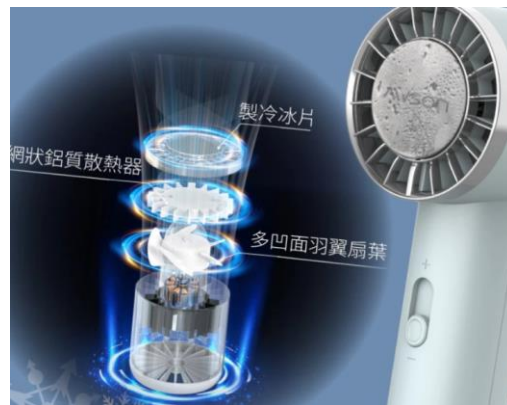
圖(4)市售冰風扇(風扇 DM 截圖)

二、致冷器中不同形式的散熱片與冷板的溫度變化

在研究中，我們想要利用致冷器來產生低於室溫的冰空氣，而致冷器在運作過程中需要在熱面與冷面搭配適當的熱導板，所以我們將購買市面上各種常用的晶片散熱鋁柵板來使用。在我們選定的致冷片 TEC1-3105(20*20*4mm)上分別去測試在不同風速下，熱片與冷板的溫度，並最後選定最佳的組合，在風扇啟動下，可以使熱片溫度不致於太高，冷板與室溫可以有明顯的溫差。

三、致冷器裝設位置的探討

在市售冰風扇中，拆解後結構如圖(5)，風扇葉片與致冷器是平行裝設的，代表風扇轉動後，室溫的空氣經過扇葉推動後會先遇到散熱片產生的熱源，然後再經過冷板往外吹，在這種架構下，是不可能吹出冷的空氣的，所以在研究中我們必須去改變致冷器的裝設位置，才有機會可以得到低於室溫的冰風。



圖(5)風扇拆解圖(風扇 DM 截圖)

四、風道設計

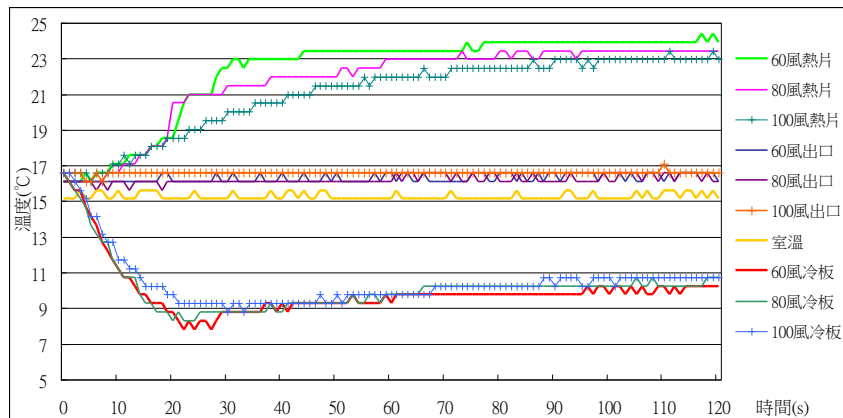
流經致冷器的空氣一定會被分成熱空氣與冷空氣，所以如果我們想要得到冰空氣，就必須讓冷、熱空氣不能混在一起，否則就無法實現吹出冰空氣的目的，因此冷、熱空氣分流的風道就必須被考慮進來，於是在研究中將設計一個可以隔開冷、熱空氣的風道。

五、風管材質的影響

為了裝設致冷片，所以改版後冰風扇會像縮小版吹風機一樣，有一段風管，正常下直覺地會採用像吹風機的塑膠管，可是考慮到我們在風管中同時有熱空氣與冷空氣，所以將探討塑膠管與金屬管是否會對溫度產生影響。

(二)冰敷模式溫度量測

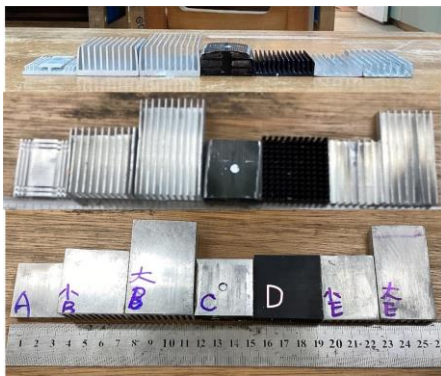
當冰風扇啟動冰敷功能(開啟致冷器)，去量測熱片、冷片與出風口的溫度，它們的溫度變化曲線如圖(8)所示，可以發現熱片會上升到 23.5°C，冷片會降低到 10.7°C，此時可以達到廠商廣告，可以冰敷降低身體接觸溫度，但是如果觀察出風口溫度，會發現空氣不但沒被降溫還被升溫了，大概提高了 1.5°C 左右，所以此時冰敷扇只適合冰敷，吹出來的風反而稍微溫暖，但是如果是拿來吹人，因為風帶走皮膚熱量的原因，空氣的升溫不夠情況下，體感還是感覺變涼而不是感受到暖風。



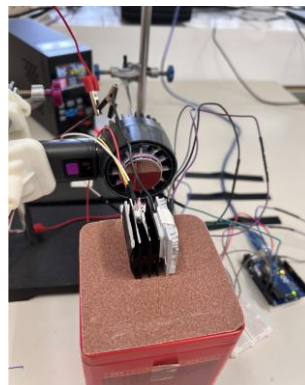
圖(8) 冰風扇冰敷模式的各位置溫度

二、致冷器中不同形式的散熱片與冷板組合的溫度變化

當使用致冷器來降低溫度時，必須搭配適合的金屬導板，我們選購市面上容易取得的鋁合金散熱片，如圖(9)，分別給予編號 A~E，搭配致冷片 TEC1-3105(20*20*4mm)，並分別去測試在冰風扇不同風速下，熱片與冷板的溫度，測試方式如圖(10)、圖(11)，將致冷片擺放在風扇正中間量測，操作條件如表(1)，在組合實驗結束後，選出熱片溫度較低、冷片溫度也較低的組合。



圖(9)A~E 鋁合金散熱片



圖(10)測試俯視圖

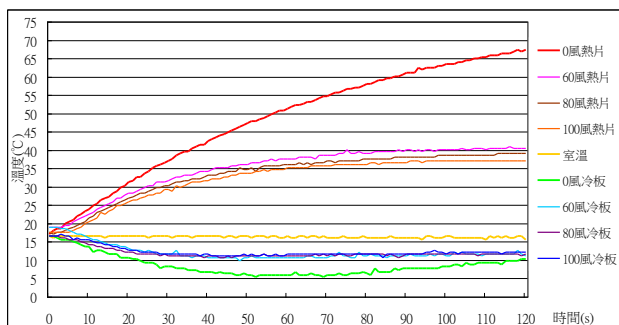


圖(11)測試側視圖

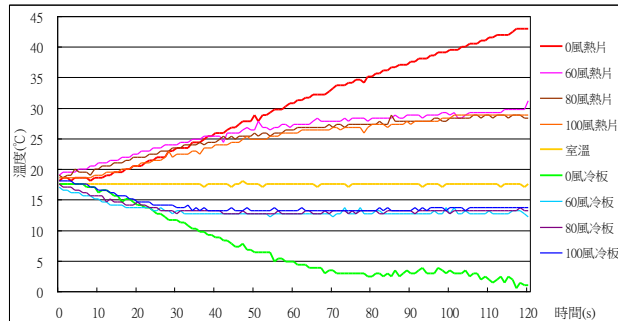
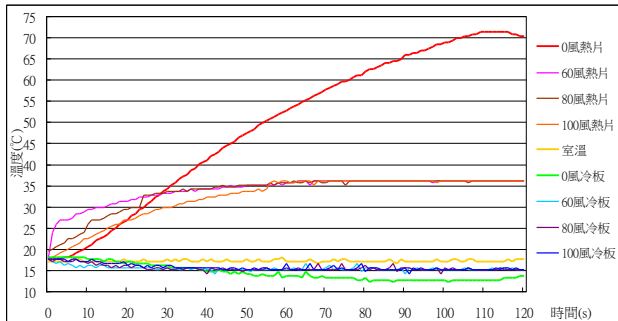
致冷器：TEC1-3105 規格: 20*20*4 mm	額定電壓：3.7V 額定電流：4.6A 操作電壓：3.7V 操作電流：3A 功率：11W 熱片溫度要低於 80°C (實驗時超過 75°C 會關閉電源)
散熱片、冷板	編號 A~E 互相搭配。規格：40*40*6~40*60*20 mm
風扇風速	60 風：3.3m/s、80 風：3.6m/s、100 風：3.8m/s
致冷片與風扇距離	50mm
冷、熱面交換	實驗間隔超過 5 分鐘，改變電流方向

表(1) 溫度量測操作條件

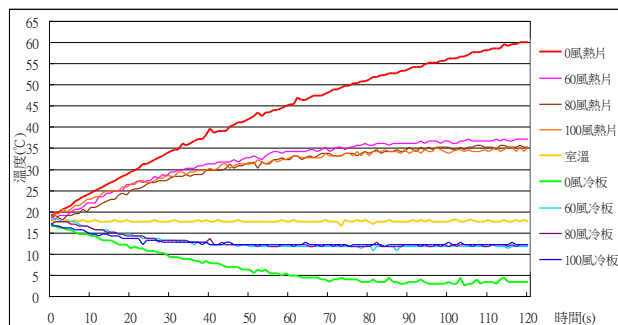
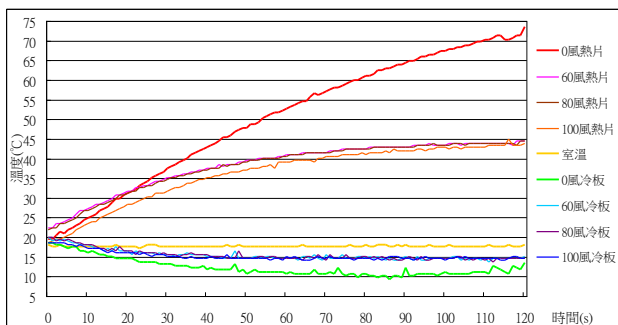
(一)A 冷+A 熱



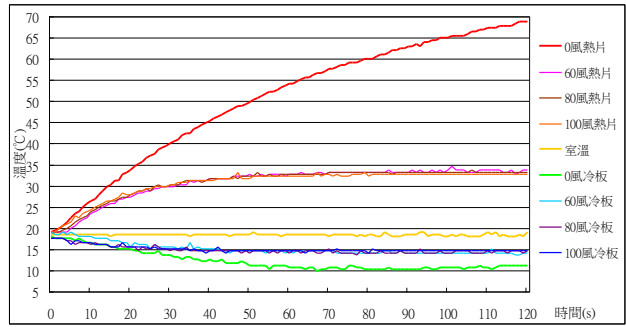
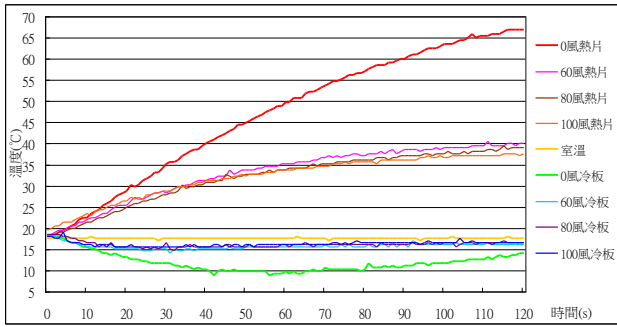
(二)左圖：A 熱片+小 B 冷板 右圖：A 冷板+小 B 熱片



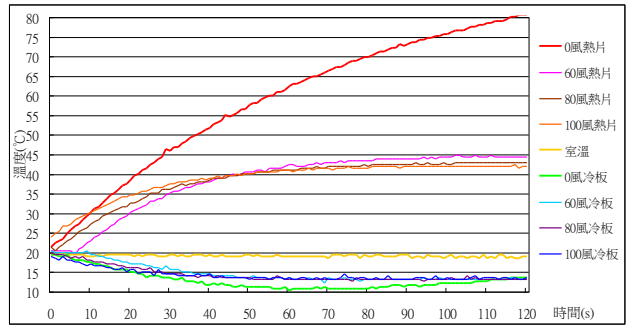
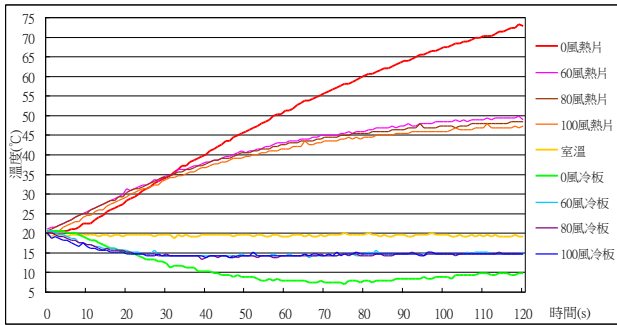
(三)左圖：A 熱片+C 冷板 右圖：A 冷板+C 熱片



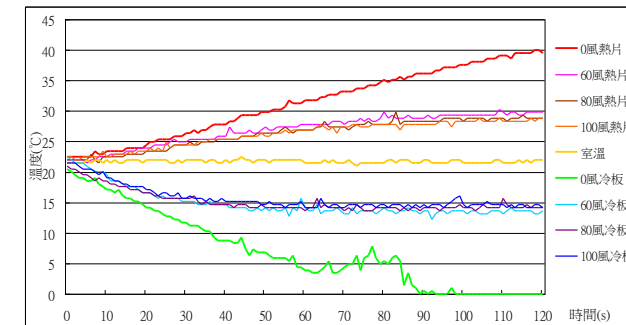
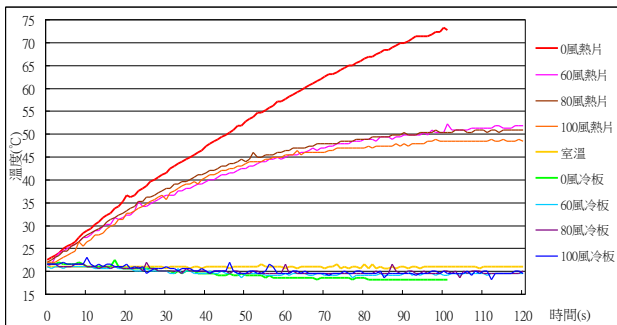
(四)左圖：A 熱片+D 冷板 右圖：A 冷板+D 熱片



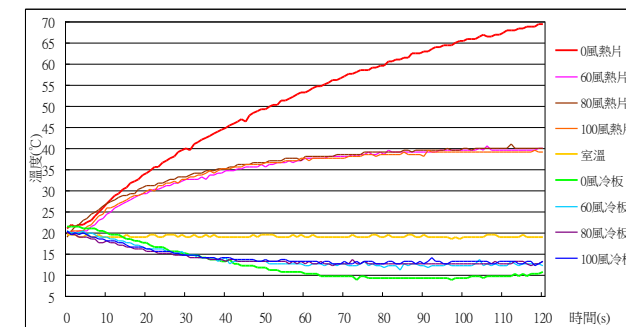
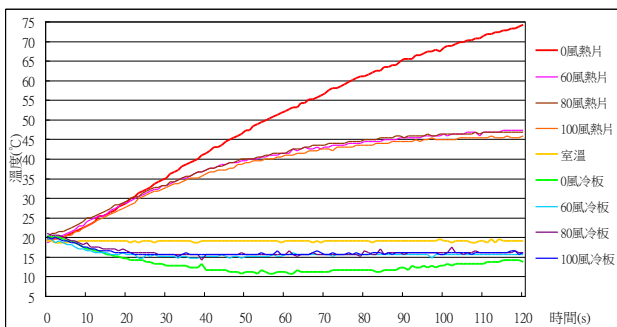
(五)左圖：A 熱片+小 E 冷板 右圖：A 冷板+小 E 熱片



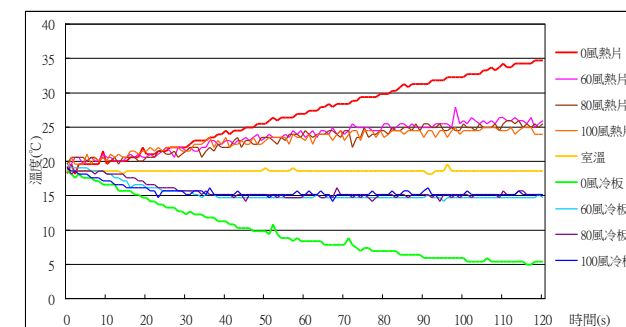
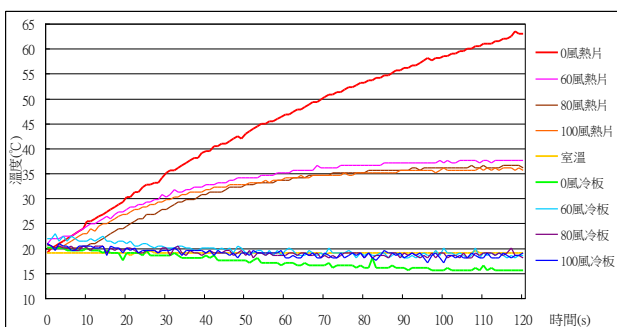
(六)左圖：A 熱片+大 B 冷板 右圖：A 冷板+大 B 熱片



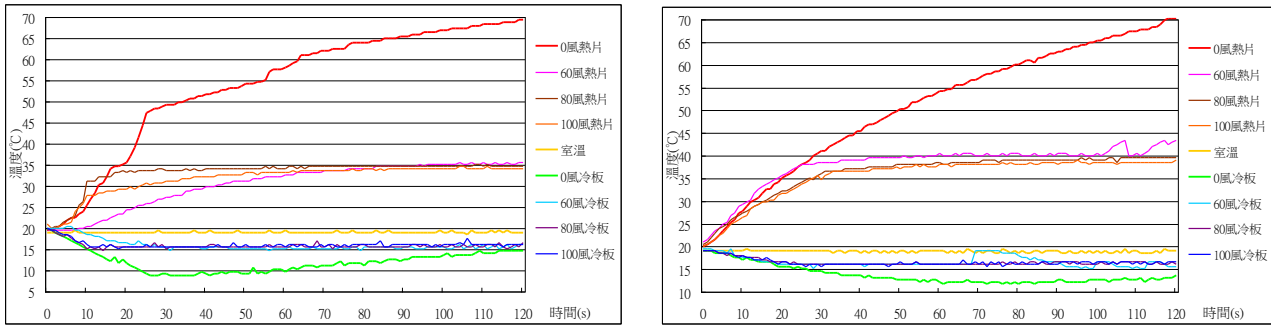
(七)A+大 E 左圖：A 熱片+大 E 冷板 右圖：A 冷板+大 E 熱片



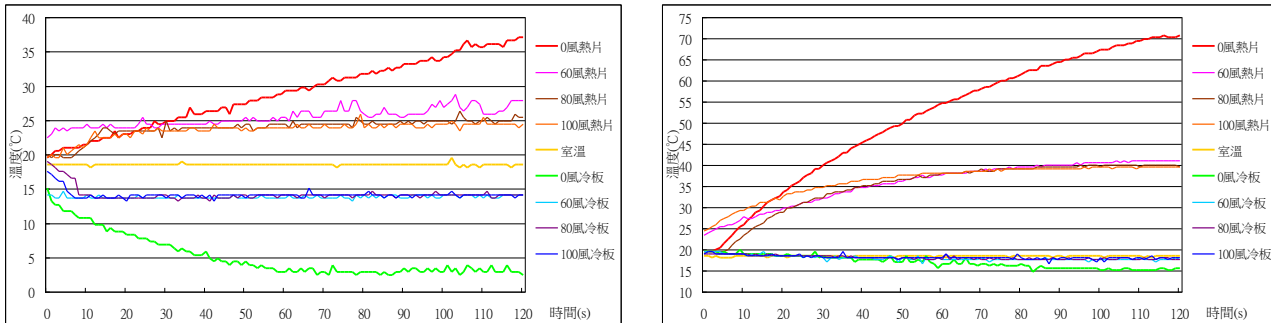
(八)左圖：C 熱片+大 B 冷板 右圖：C 冷板+大 B 熱片



(九)左圖：C 熱片+大 E 冷板 右圖：C 冷板+大 E 熱片



(十)左圖：大 B 熱片+大 E 冷板 右圖：大 B 冷板+大 E 熱片



(十一)冷板 D 配各種熱片的溫度變化

在上面(一)~(十)中，我們測試不同的熱片與冷板的組合，觀察在不同的風速下它們的溫度變化，可以看出：

電扇無風狀態：熱片溫度曲線呈現陡峭上升趨勢，冷板溫度曲線則在初期下降後因熱回流而趨於微升，冷板、熱面會維持一定的溫度差。

電扇啟動狀態：在開啟電扇（風速 60、80、100 檔）的情況下，由於風能有效地將熱量帶走，減少熱回流至冷板的機會。此時空氣的熱會被冷板吸收，使冷板溫度會趨於穩定，同時熱片溫度也會明顯下降。

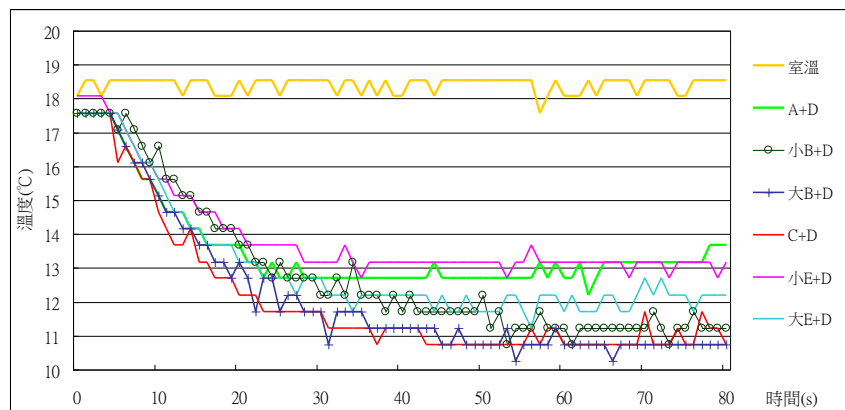
正常來說，散熱片的尺寸與面積越大效果會越好，所以我們嘗試用大 B（表面積最大）當冷板來擴大冷板的接觸面積，但我們觀察到大 B 的溫度反而沒有降得比較低，推測應該是致冷器的致冷功率不夠，冷板吸收較多室溫空氣的熱，使冷板的溫度無法降低，所以對冷板來說，表面積與致冷器的致冷功率必須互相平衡，不是越大越好。

在這些散熱片的組合中，我們挑選的條件是：在風速為 60 檔的情況下，能得到冷板的溫度低於 15°C（低於室溫 3°C 以上），經過實驗測試量測後，所有散熱片組合的溫度變化結果如表(2)，符合條件的有 A 熱+C 冷、A 熱+D 冷，所以我們選擇 C+D，兩個在

60 風時都可以得到很好的降溫效果，但 D 在 0 風時，可以降得溫度更低，所以我們選擇用 D 當冷板，C 當熱片，為了確認降低溫度的效果，也做了 D 當冷板時，配上其它散熱片的溫度曲線，如圖(12)，的確最佳的降溫曲線是 C+D 的組合。

組合	風檔速	室溫℃	A 冷℃	A 熱℃			組合	風檔速	室溫℃	A 冷℃	大 B 熱	A 熱℃	大 B 冷
A+A	0	16.6	12.21	37.6			A+大 B	0	21.48	0	39.55	71.29	18.07
	60		11.72	40.53				60		13.18	29.79	51.76	19.53
組合	風檔速	室溫℃	A 冷	小 B 熱	A 熱	小 B 冷	組合	風檔速	室溫℃	A 冷	大 E 熱	A 熱	大 E 冷
A+小 B	0	17.58	0.98	42.97	70.31	13.18	A+大 E	0	19.53	10.74	69.34	74.22	13.67
	60		12.7	29.79	36.13	15.14		60		12.21	40.4	47.36	15.63
組合	風檔速	室溫℃	A 冷	C 熱	A 熱	C 冷	組合	風檔速	室溫℃	C 冷	大 B 熱	C 熱	大 B 冷
A+C	0	18.07	2.93	58.59	70.31	10.74	C+大 B	0	18.55	5.37	34.67	62.99	15.63
	60		11.72	37.11	44.43	14.65		60		14.65	25.88	37.6	18.55
組合	風檔速	室溫℃	A 冷	D 熱	A 熱	D 冷	組合	風檔速	室溫℃	C 冷	大 E 熱	C 熱	大 E 冷
A+D	0	18.55	11.23	68.85	66.89	9.77	C+大 E	0	19.53	13.67	70.31	69.34	14.65
	60		14.16	33.69	40.04	14.65		60		12.7	52.73	36.16	15.14
組合	風檔速	室溫℃	A 冷	小 E 熱	A 熱	小 E 冷	組合	風檔速	室溫℃	大 B 冷	大 E 熱	大 B 熱	大 E 冷
A+小 E	0	19.04	13.67	80.57	70.31	9.77	大 B+大 E	0	18.55	15.63	70.8	37.11	2.93
	60		13.18	44.43	48.83	15.14		60		17.58	41.02	30.76	14.16

表(2) 不同熱片與冷板組合的溫度變化

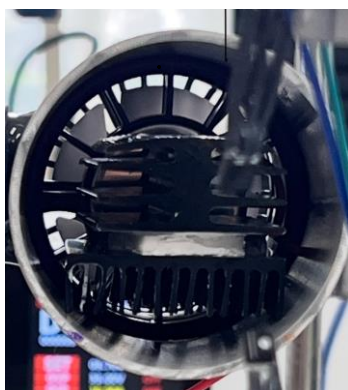


圖(12) D 冷板配所有組合在 60 風下的冷面溫度曲線

三、致冷器裝設位置的探討

現在市面上的冰風扇，大多把致冷器做成和風扇扇葉「平行」放置。這樣的設計會讓空氣沒有經過冷板就直接吹出去，所以吹出來的風通常不會比室溫低，反而會比室溫高一點。如果想讓吹出來的風真的變冷，關鍵是要讓空氣「一定要經過冷板」，也就是讓冷板與風扇垂直，如圖(13)所示。

但是風吹出扇葉後，必須在還沒擴散前，可以集中通過冷板，所以把致冷器放進一個圓筒形的長管中，我們稱它為風管；讓風扇吹進去的空氣可以集中通過冷板，再從出風口吹出。這樣空氣接觸冷源的時間變長，就比較容易降溫。為了可以得到較佳的降溫效果，冷板鰭片與風管之間不能有太大的間隙，否則未降溫的空氣吹出來後，會與經過冷板的冷風融合在一起，減低降溫的效果。

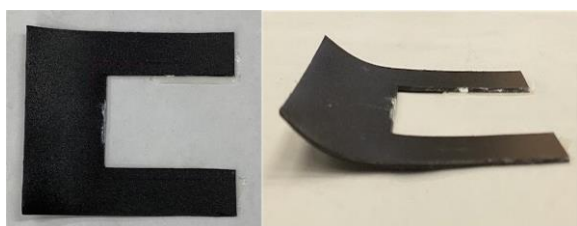


圖(13)致冷器在風管中擺放的位置

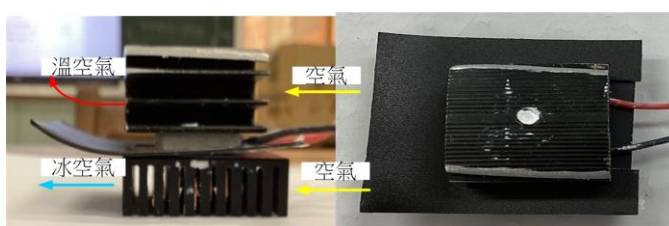
四、風道設計

在本研究的冰風扇裝置中，風道設計會影響冷風與熱風的流動與分布。致冷器運作時會同時產生冷面與熱面，風流經冷面與熱面後會產生冷、熱風，如果風沒控制好，會容易混合在一起，無法得到溫度較低的冷空氣。因此本研究將設計導風板將風分開，使熱風與冷風能夠分離，並讓冷風能夠往前直吹，熱風往上吹走。

在風道設計上，我們將致冷器放在中間，冷端與熱端分別黏上冷板與散熱片，這時風會從下方與上方進入，上方的風會通過散熱片，在吸收熱能後逐漸升溫，所以為了分離冷、熱空氣，我們設計一個有圓弧的導板如圖(14)，並黏貼在熱片與冷板中間，如圖(15)，這樣可以引導熱風由上方排出；此時下方的風會通過冷板，經過冷板鰭片後達到降溫的效果，就可以吹出低於室溫的冷風。如此就可以讓熱風往上吹出，讓冷風往前直吹，達到有效的冷、熱空氣的分離。



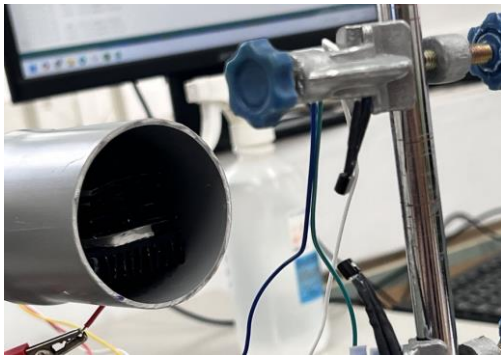
圖(14) 導風板的俯視、側視圖



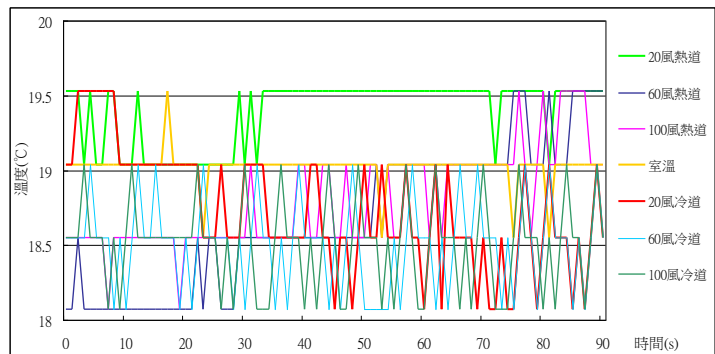
圖(15)導風板裝設位置

(一)無導風板

首先測試無導風板的冷道、熱道的溫度，量測方式與結果如圖(16)、圖(17)，可以發現兩者頻繁在 18.0°C 至 19.5°C 之間劇烈波動。這反映空氣經過熱片與冷板後的熱風與冷風，在風管中發生嚴重的亂流，導致冷熱風混和在一起，使吹出來的風不會低於室溫，甚至有時候會高於室溫。



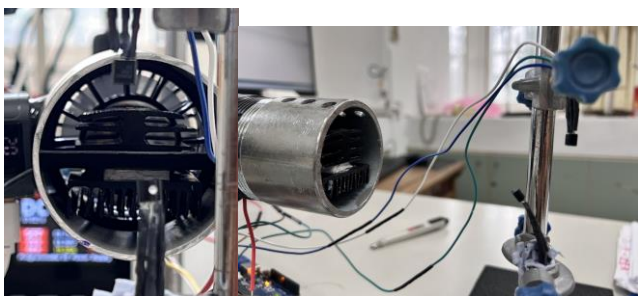
圖(16)無導風板的量測方式



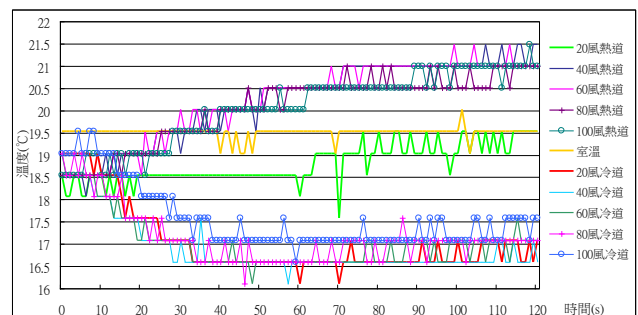
圖(17)無導風板的溫度量測結果

(二)有導風板

添加導風板後，再次去量測冷、熱道的溫度，量測方式與結果如圖(18)、圖(19)，數據趨勢平穩且分層清晰，顯示冷熱空氣分離後，風扇能持續穩定地輸出低於室溫的冷風。隨著時間增加（約 30 秒後），各風速下的冷道溫度均明顯下降。室溫維持在約 19.5°C，而冷道溫度最低可降至約 16.6°C。這代表導風板成功地將熱空氣導走，使熱空氣不會與冷空氣混和，讓冷道實現了約 2.9°C 的穩定降溫；與冷道相反，熱道溫度隨時間上升，最高約達到 21.5°C。這證明了，導風板能有效地將致冷器產生的熱隔離並排往熱道，防止進入冷道。



圖(18)有導風板量測



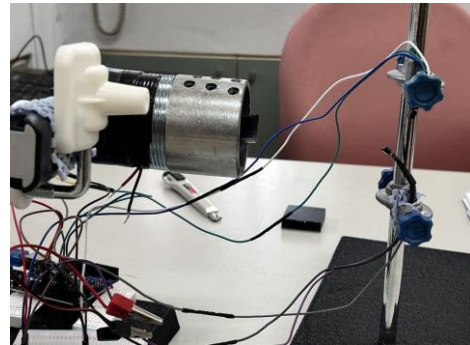
圖(19)有導風板量測結果

五、風管材質的影響

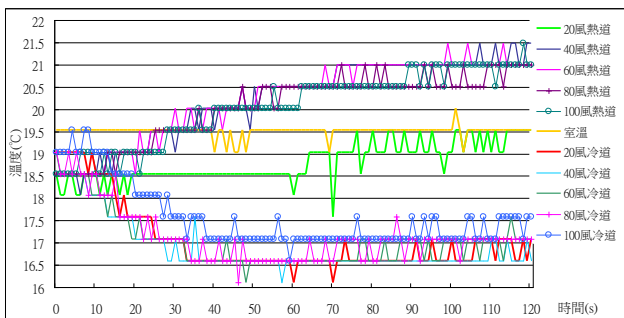
綜合前面致冷器位置裝設（與風扇面垂直）、熱片/冷板的組合（C+D）與導風板的設計，將致冷組套件裝設到長 60mm 的風管中，在實驗中分別裝設在 PVC 管與鐵管中測試，如圖(20)、圖(21)所示，並分別畫出冷道與熱道的溫度曲線如圖(22)、圖(23)。



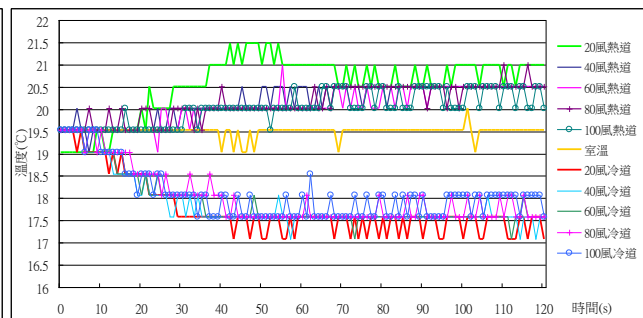
圖(20)裝設 PVC 管、鐵管的風扇



圖(21)熱道、冷道量測方式



圖(22) PVC 管冷、熱道溫度曲線



圖(23)鐵管冷、熱道溫度曲線

(一)PVC 管實驗數據分析

室溫：實驗時維持在約 19.5°C。

冷道降溫表現：當系統啟動後，冷道溫度在 30 秒內迅速下降，不論風速大小（20 至 100 風檔），冷道溫度多能降至 16.5°C 至 17.5°C 之間。甚至最低溫曾降至 16.1°C 左右。相較於室溫，PVC 管成功實現了約 3°C 至 3.4°C 的降溫幅度。

熱道升溫趨勢：熱道溫度隨時間平穩上升達到約 21.5°C，上升大約 2°C，這顯示熱能被有效分離並導出熱道。

(二)鐵管實驗數據分析

室溫：同樣維持在約 19.5°C。

冷道降溫表現：鐵管冷道的溫度下降趨勢較為緩慢，且穩定後的溫度多落在 17.5°C 至 18°C 左右。雖然也能降溫，但其降溫幅度僅約 1.5°C 至 2°C。

熱道升溫趨勢：熱道上升溫度與 PVC 管類似，熱道溫度隨時間也平穩上升到約 21.5°C。

(三)材質導熱率對溫度影響

從結果來看，PVC 管的效果優於鐵管。由於鐵是優良熱導體，熱道產生的熱量可能較容易透過管壁傳導或輻射，干擾到冷道的降溫效率。而 PVC 管具有優良的隔熱性，能更好地維持冷熱氣流的溫差。但兩種不同材質的吹管都可以確打破市售產品「吹不出冷風」的限制，實現吹出低於室溫約 2~3°C 的「真冰風」，不過若要打造較佳效能的冰風扇，應優先選擇 PVC 等隔熱材質作為風管，並搭配適當的中高風速來維持穩定的冷卻輸出。

伍、 討論

一、市售冰敷風扇已經有裝設致冷器的情況下，為什麼只做『冰敷扇』不做『冰風扇』？

致冷器所能提供的製冷效率有限，當應用於冰風扇時，需持續冷卻大量的風，冷量容易被快速帶走，導致冷片的溫度難以下降，就無法產生明顯的冷風。此外，致冷器在運作時會將熱集中至熱端產生額外的電熱，若散熱不佳反而會影響整體的冷卻效果。而如果製作『冰敷扇』，當冷面直接接觸皮膚時，只需要冷卻一小塊區域，所以感覺會很冰效果明顯，而手持風扇是小型、風速高且接觸時間短，所以市售手持電扇產品都是『冰敷扇』不是『冰風扇』。

二、改變致冷器位置的設計是否有機會可以得到『冰空氣』？

要使冰風扇能有效降低出風溫度，致冷器的冷面必須直接參與風的冷卻，使空氣在被吹出前通過冷板，而非僅冷卻冰敷板。此外透過增加冷面冷板的面積，可提高空氣與冷端的接觸機會，進一步提升降溫效果。同時熱面必須與冷面完全隔離，避免熱空氣被吸回造成混合，影響冷卻效率。所以可以知道，透過冷面位置、散熱片結構及風道設計的優化，才能有效提升冰風扇吹出低於室溫的空氣。

三、致冷器冷片面積的表面積越大是不是就可以得到更低溫度的『冰空氣』？

不一定。致冷器冷板的表面積變大，確實有助於讓更多空氣被降溫，但不一定能得到「更低溫度」的冰空氣。原因在於致冷器的冷量是有限的，表面積變大會同時帶來優點與限制。優點是增加冷板的表面積可提升空氣與冷板的接觸機會，使更多空氣被冷卻，因而增加冷風的輸出量。然而致冷器的致冷量是有限的，與致冷器的功率有關，當表面積過大時，冷量會被分散，導致每單位面積的降溫能力下降，使冷板的最低溫度反而會上升。

四、目前實驗冰風道可以讓空氣降低約3°C，但是實驗是在冬天做的，此時室溫小於20°C，如果到了夏天室溫高於30°C時，是否也會有相同的表現？

不一定，致冷器的性能可能會受到溫差的影響。由於溫差=熱面溫度-冷面溫度，所以當環境溫度越高時，熱面散熱越困難，熱面溫度會上升，冷面溫度也會被拉高。結果可能是冷板不容易維持低溫，且吹出的空氣降溫幅度會減少。但是如果能提供更大功率的致冷器，就有機會在夏天有同樣的效果。

陸、 結論

- 一、在研究中，以 arduino uno 板+4 顆 LM35 溫度感測器，可以實際即時量測冰風扇運作時各部位的溫度變化，驗證冰風扇只是廣告巧妙轉移目光，實際上當開啟冰風扇的致冷器時，就單純只是提供明顯的冰敷降溫效果，而此時如果感受吹出的風，人體的感受反而不如沒開致冷器時的那麼涼。
- 二、在致冷器使用中，熱面的散熱片追求的是表面積越大越好，甚至可以再加裝風扇達到更好的散熱效果，但是在冷片的搭配上就沒辦法同樣的操作，當致冷器的功率固定時，表面積越大的冷板會因為致冷能力不足，使冷板的溫度不夠低，這樣對追求低溫應用的冰風扇反而變得更加不利，無法得到有效降溫的『冰空氣』，所以致冷器在冷板的選擇上必須將風速與面積都納入考慮，才能得到較佳的效果。
- 三、在研究中，改變了致冷器的裝設位置，經實驗測試後，選配了適合致冷器的熱片與冷板，然後設計可以隔開冷、熱風的導風板，可以使冷風與熱風分離，最後再將致冷裝置裝設在隔熱性佳的 PVC 管中，當成是手持扇的延伸風管，使風扇與致冷氣啟動時，可以達到真正的『冰風扇』。
- 四、未來改善的方向：在研究中直接購買市售的晶片鋁合金散熱片，來做為熱片與冷板的搭配，但是在形狀與尺寸上並沒有辦法與風管有非常好的搭配，所以造成冷道的風量只有原風量的 1/3 左右，這樣才有辦法得到降溫約 3.5°C 的冷空氣，因此在研究中驗證冷空氣為可行的方案下，未來可以設計蜂巢狀冷板或是以 3D 列印導熱佳的冷板鱗片，來增加表面積，再搭配良好的電源管理，使用更高功率的致冷片，可以朝著將空氣降低 10°C 的方向前進。

柒、參考資料

- (1)林唯耕。電子構裝散熱理論與量測實驗之設計。清大出版社。
- (2)陳贈義、林國賓、林景立、黃文正。E 時代冷氣。中華民國第 43 屆中小學科學展覽會。
- (3)黃信發、葉黃閔、鍾宜廷、陳正雄。攜帶型多功能冷暖氣機。中華民國第 41 屆中小學科學展覽會。
- (4)余涵君、蕭御華、盧柏郢、黃博新。微風六型水族冷暖過濾整合系統。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會。
- (5)程郁宸、張顏睿、袁崇賢。風生水起-空氣產水 IoT 裝置。中華民國第 64 屆中小學科學展覽會。
- (6)威測評。可以結冰的風扇，你們給幾分？<https://www.youtube.com/shorts/lk8ggbZtyhQ>。
- (7)HowardMarvels。半導體制冷風扇到底是不是智商稅？<https://www.youtube.com/shorts/G6C-SjL8OEg>。
- (8)康軒文教事業國小數學教科書編輯委員會(2019)，國民小學自然科學第九冊，康軒文教事業。
- (9)翰林文教事業國小數學教科書編輯委員會(2019)，國民小學自然科學第九冊，翰林文教事業。
- (10)南一文教事業國小數學教科書編輯委員會(2019)，國民小學自然科學第九冊南一文教事業。