

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030819

讓高原植物與沙漠植物共處的利器

學校名稱：雲林縣私立永年高級中學(附設國中)

作者： 國三 林諄瑋 國三 曾子綺 國一 林宜霆	指導老師： 陳尚民 吳文龍
---	-----------------------------

關鍵詞：致冷晶片、能源轉換效率、生長箱

讓高原植物與沙漠植物共處的利器-製作冷熱兩面生長箱

摘要

本研究利用熱電致冷晶片(Thermoelectric Cooling Module)、溫控器、壓克力材料、回收電腦風扇與電源供應器，製作植物生長箱，以冷端面選擇非洲堇與食蟲植物，熱端則以仙人掌、空氣鳳梨栽種。

實驗與設計得到下列論點：

- 一、晶片無噪音、耗電量少，且冷熱面皆可以運用。
- 二、壓克力隔熱效果不佳，但透光性好，成本低。
- 三、可經由散熱膏塗抹於晶片方式，可增加晶片效率。
- 四、風扇與對流設置點、濕度控制，有助於植物生長
- 五、冷端放置高山型或寒帶植物，生長情況良好。
- 六、晶片的 $EER=25/0.01985=1259.46(Kcal/H)/KW$ ，每月電費 34.015 元。

壹、研究動機

台灣為平原和丘陵地帶，屬熱帶與副熱帶季風區，對於寒帶或高地植物，除非經過多年的馴化，才能適應台灣的氣候，若想要欣賞到異國的植物，勢必要營造一個適合生長的溫室，所需成本非一般大眾能夠負擔，因此本研究嘗試製作成本低，且低耗電量的植物生長箱。

動機共可分為以下論點：

- 一、製作符合大眾化的植物生長箱。
- 二、運用致冷晶片製作，耗電量低且無噪音，既安靜又省電費。
- 三、可栽種寒帶或高地植物。
- 四、晶片的熱端亦可將廢熱回收，栽種沙漠型植物。

貳、研究目的

本研究目的分為以下五個部分：

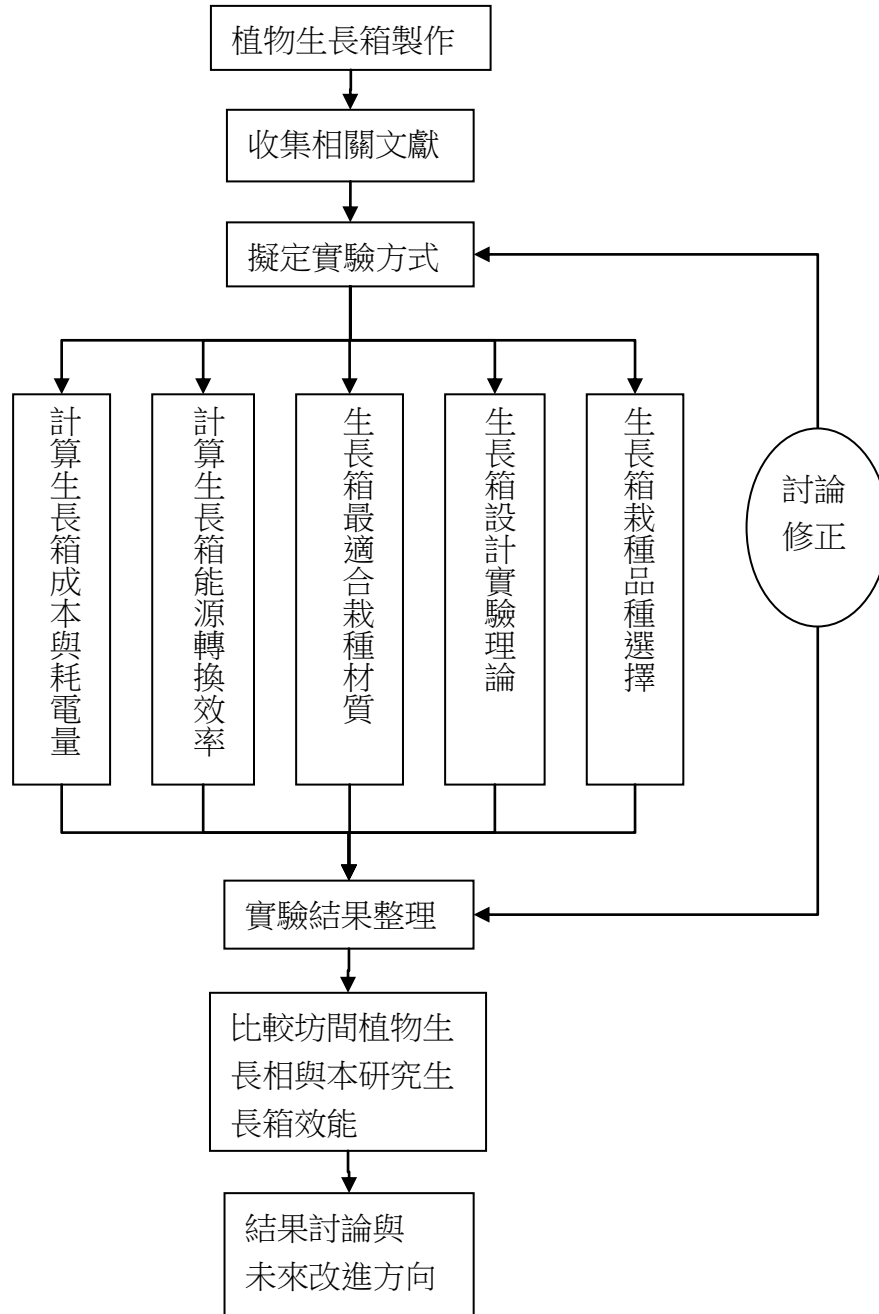
- 一、生長箱溫控核心原件選擇。
- 二、選擇栽種高地植物與沙漠型植物的品種，設計植物生長箱。
- 三、找出生長箱內最適合栽種的材質。
- 四、計算生長箱的能源轉換效率(Energy Efficiency Ratio)。
- 五、生長箱栽種植物實際測試。

參、研究器材設備

(一)燈具		(二)溫控器	
型號 :JKS 夾燈 規格 : 110V , 9W		型號 :DIY3003 (自製) 規格 : AC12V/60HZ	
(三)致冷晶片		(四)電源供應器	
型號 :TECI-12706 規格 : 12-18V/60HZ		型號 : SEVENTEM 規格 : 12V	
(五)風扇與散熱鰭		(六)散熱膏	
型號 :INTEL 規格 : 8CMx8CM		型號 : 無 規格 : 100 毫升	
(七)定時器		(八)熱熔槍	
型號 : R-30 規格 : 110V , 15A		型號 : 無 規格 : 小型	
(九)電鑽		(十)溫度感應器	
型號 : 無 規格 : 小型		型號 : TAITA 規格 : -15°C ~90°C	
(十一) 電壓電流校驗儀		(十二)組裝工具	
型號 : PROVA 規格 : VM-1		含刀具、螺絲起子、夾子	

肆、研究過程與方法

本研究流程圖如下所示：



本研究考量省電與低噪音條件，選擇致冷晶片作為核心，晶片的名稱相當多，如 thermoelectric cooler、thermoelectric module (簡稱 T.E 或 T.E.C)、材料最主要為碲化鉍 (Bismuth Telluride)，下圖是一個致冷器的典型結構，由許多 N 型和 P 型半極體之顆粒互相排列而成，而 N P 之間以一般的導體相連接而成一完整線路，通常是銅、鋁或其

他金屬導體，最後上下再覆蓋陶瓷片。

經由直流電源提供了電子流動所需的能量，通上電源之後，電子由負極出發，首先經過 P 型半導體到 N 型半導體，將熱量釋出，每經過一個 NP 模組，就有熱量由一邊被送到另外一邊，造成溫差，而形成冷熱端。

致冷晶片原理為 N 型半導體材料具有多餘電子，故有負溫差電動勢；P 型半導體材料因電子不足，故有正溫差電動勢，可傳遞電荷與熱能，將 P 型與 N 型半導體依序結合，可將熱能和電能相互轉換，稱為熱電效應 (Thermoelectric Phenomenon) 主要效應分為：

(a) 席貝克效應 (Seebeck Effect)

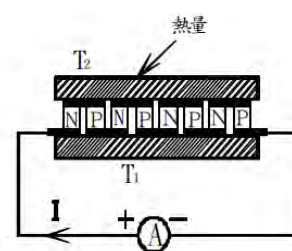
1821 年 Thomas J. Seebeck 發現當兩種不同性質的金屬連接在一起而形成閉合迴路(closed loop)，當兩接點之間溫度分佈不均勻時，則在此迴路中將產生感應電動勢，而使兩接點之間產生電位差，則成為席貝克效應 (Seebeck effect)。

(b) 皮爾特效應 (Peltier effect)

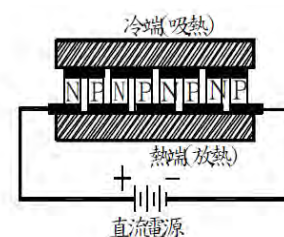
1834 年皮爾特發現，電流通過兩種不同的金屬導線之接合點時，在接合點處會因電流流動方向之不同而產生放熱或吸熱之現象，謂之為皮爾特效應。



圖(1) 致冷晶片內部構造



圖(2) Seebeck 效應示意圖



圖(3) Peltier 效應示意圖

伍、研究結果

一、選擇栽種高地植物與沙漠型植物的品種

(一)高地植物選擇

本研究以東非坦尚尼亞高原植物『非洲紫羅蘭』(African Violet) 為栽種植株，非洲紫羅蘭又稱非洲堇，植株適合溫度 18°C-25°C、濕度 50%-60%，在台灣通常為 2 月過年後出現在市場，夏季溫度與濕度皆高於植株生長條件，一般缺乏溫控下，植株會死於高溫，若有生長箱溫控降溫，勢必能安然度過夏季，且非洲紫羅蘭須光量低，因此有室內皇后之稱，溫控下一年四季皆會開花，植株尺寸不大，很適合辦公室擺放，吻合本研究植株條件。



圖(4) 非洲紫羅蘭

(二)沙漠型植物選擇

本研究在熱端部分的植物選項，以熱帶沙漠多肉植物，龍舌蘭科 (Agave)、番杏科 (Aizoaceae)、百合科 (Haworthia)、景天科 (Crassulaceae) 和大戟科 (Euphorbia) 混合栽種，多肉植物大都能耐溫，生長箱熱端會比室溫高 4-5°C，夏季內部可以到達 40°C，適合沙漠型植物。



圖(5) 多肉植物種類

二、生長箱設計

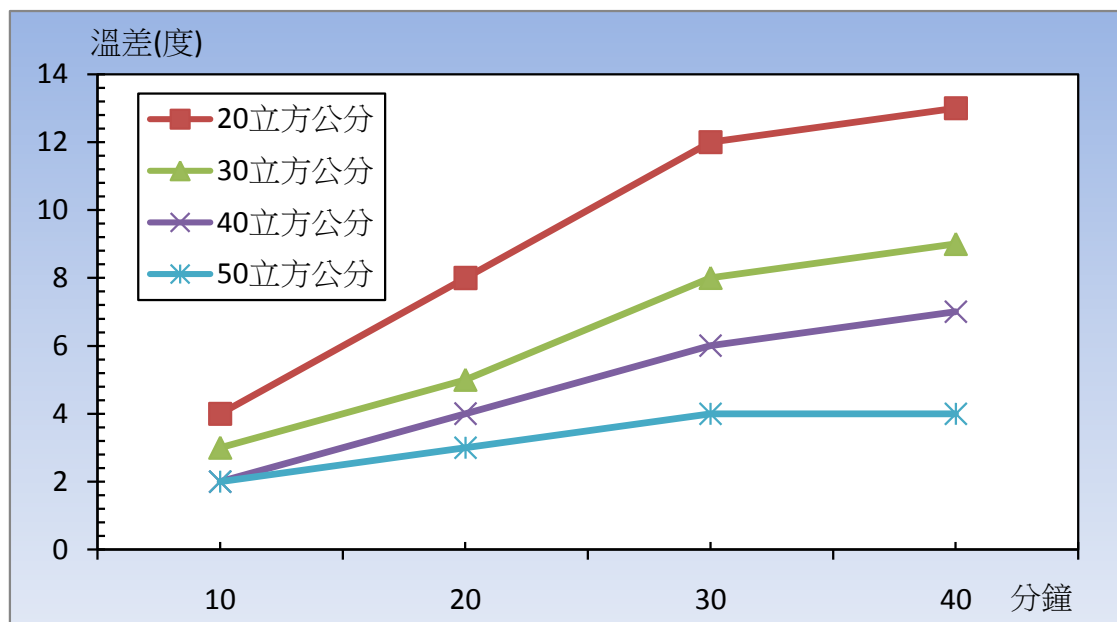
(一)空間尺寸規畫

本研究測試致冷晶片空間效能，並考量植物栽種空間，以下為測試結果：

表(一)致冷晶片空間效能測試：

時間 \ 空間	20 cm ³	30 cm ³	40 cm ³	50 cm ³
10(分)溫差	4	3	2	2
20(分)溫差	8	5	4	3
30(分)溫差	12	8	6	4
40(分)溫差	13	9	7	4
可栽種植株	7	12	17	23

註：植株以迷你非洲堇大小計算空間



圖(6).致冷晶片在不同空間尺度效能與溫度差異

結果顯示，空間越大，致冷效能則越低，考量台灣平均年溫差， 30cm^3 的空間所造成溫度差異，最接近坦尚尼亞高原的溫度，因此決定選擇 30cm^3 成為生長箱的設計尺寸。



圖(7) 致冷效率測試

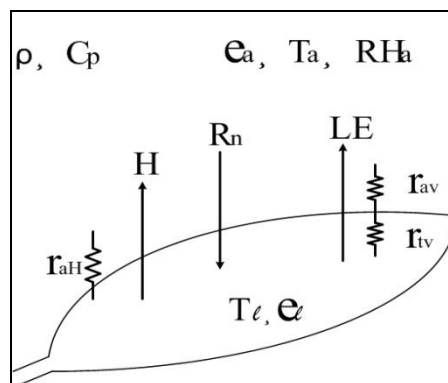
(二)對流設計

在生長箱內部進行植物栽培時，空氣溫度為生長箱微氣候控制的第一個參數，也是最常用的參數。但是在溫室內部真正的主角是植物葉面而不是內部的溫度。

由熱量不減原理，進入葉片的熱能等於逸出葉片的熱能。

1. 進入葉片的熱能為 R_n ， R_n 為太陽能輻射量(W/m^2)
2. 逸出葉片的能量為 Q_{out} ， $Q_{out} = H + LE + J + M$ ， J 為葉片儲存的熱能， M 為葉片光合作用消耗的陽光熱量，兩者數值相當小，因此可加以忽略。
3. 葉片與空氣的熱傳遞， $H(\text{W}/\text{m}^2)$ 為空氣密度(kg/m^3)， C_p 為空氣比熱。($\text{J}/\text{kg} \cdot \text{k}$)， T_e 與 T_a 為葉片與空氣的溫度，單位為絕對溫度(k)， r 為空氣熱對流的阻力係數(sec/m)。
4. 葉片的蒸散作用潛熱， LE 葉片經由蒸散作用使水分自體內轉變成為水蒸氣，再散失於空氣。水分自植物體內蒸散時吸收的熱量，使體內水分自液體轉換成氣體吸收的蒸發潛熱數加以計算。

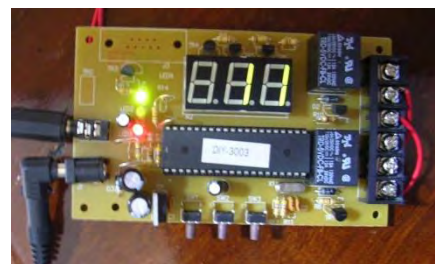
由上述討論可知，在陽光太強(R_n)，通風不良(r_{av})，相對溼度(RH)太高或太低，植株缺水(r_{tv})狀態下，葉溫顯著地高於氣溫，更有可能造成植株生理應力而傷害植物，左圖為單一葉片在空氣中，其溫度模式與影響因子如圖所示。本研究設計朝向增加通風與對流，適度保濕，讓植物能在生長箱內適應。



圖(8)葉片熱平衡模式示意圖

(三)溫度控制器設計

利用電子元件 DIY 製作溫控器，單晶片 8051 (ATMEL 公司的產品) 為主體與單色顯示面板，兩組繼電器分別控制高溫及低溫的作動，DALLAS 公司製造，編號 DS1821 的半導體溫度感測元件，感溫範圍是 -55 度到 $+125$ 度。如圖(4)所示。



圖(9)溫控器外觀圖

(四)加濕器設計

購買園藝專用超音波霧化器，設計放置盒將其至於生長箱內，提供濕度藉此抵消晶片運作時所產生的除濕效果。



圖(10)霧化器外觀圖

(五)照明設備

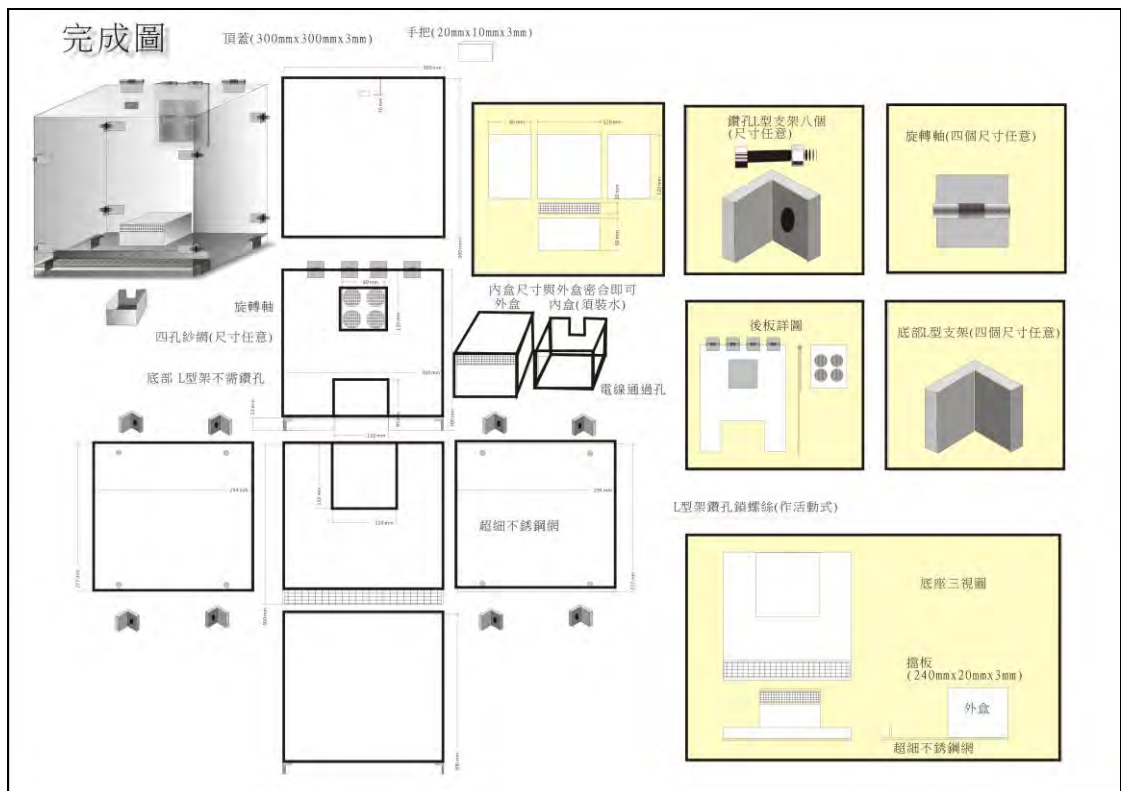
本研究使用 JKS 夾燈，配合 9W 的植物燈管，外加定時器設定，初步設定每天 10 小時光照。



圖(11)照明設備組

(六)總體整合與設計

歸納上述條件，將初步設計圖透過 corel draw 規劃，並著手開始試做生長箱雛型，以下為本研究的生長箱設計圖：



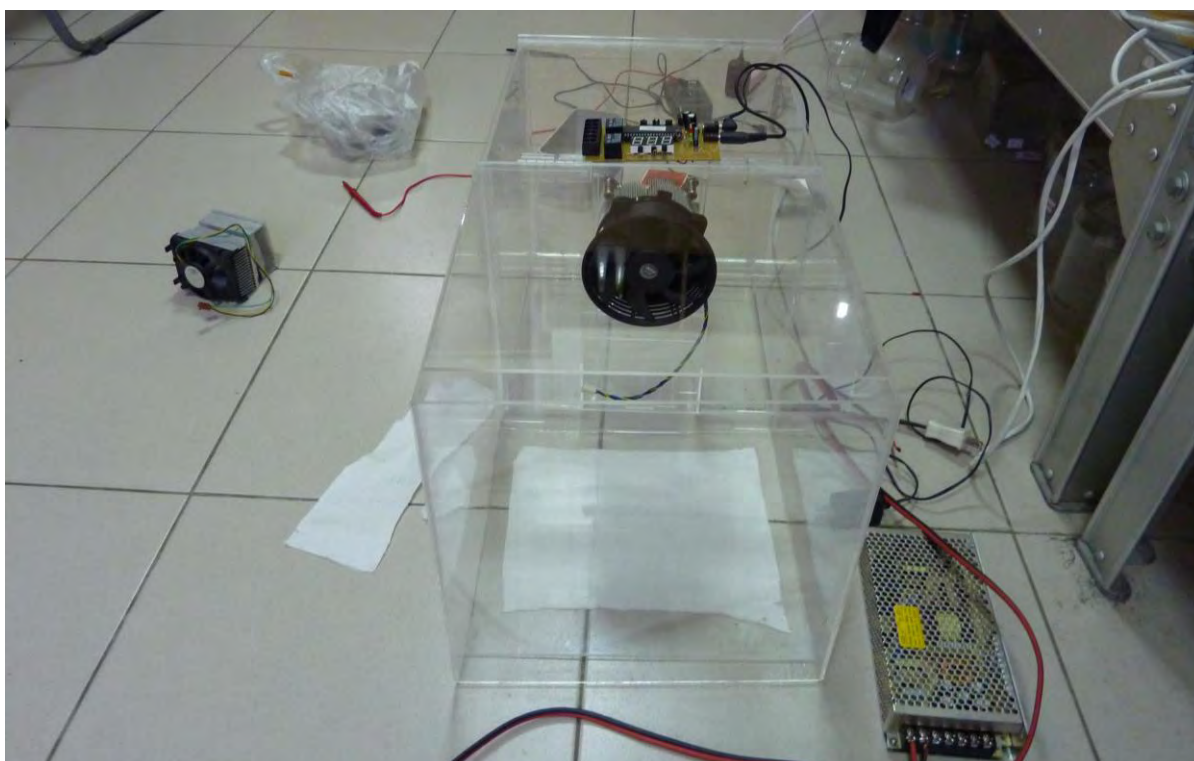
圖(12)植物生長箱設計圖

本研究採用壓克力做為生長箱外部材質，加裝風扇與對流設計，改良內部通風問題，霧化器設計補足晶片運轉時蒸發的濕氣，以下為本研究生長箱熱端完成的成品。



圖(13)植物生長箱熱端圖

剩餘零件契合與組裝測試，皆順利完成，之後篩選植株放讓生長箱內測試，每天定期觀察濕度與植物生長情況，七天量測植物尺寸大小，並做詳細描述，如下圖所示。



圖(14)植物生長箱完成圖



圖(15)植物生長運作過程



圖(16)對照組植株

三、生長箱內最適合栽種的材質

植物生長過程中，根部吸收養分為重要議題，生長箱內空間不大，選擇植株栽種的材質甚為重要，比較坊間栽種的材質，本研究挑選腐質土、水苔、珍珠石 (perlite)、椰纖土為測試材質，以下為各材質比較結果：

表(二)各材質特性分析

	透水性	肥力	酸鹼度	價格(順序)
腐質土	差	佳	弱酸	便宜
水苔	差	中	弱酸	貴
珍珠石	佳	差	中	貴
椰纖	佳	佳	酸	中

本實驗考量各材質特性，比較非洲紫羅蘭生長條件，分析東非高原為古老的酸性火成岩，非洲堇的根系若長期泡水容易腐爛，亦有利用水耕方式繁衍者，水質控制和殺菌非一般大眾能上手，本研究採椰纖與珍珠石混合方式調配，無論在透水性、肥力、酸鹼度皆適宜。

四、能源轉換效率(Energy Efficiency Ratio)

晶片冷面抽走的熱能除以輸入到晶片的電能，為兩個數值的比(單位為瓦特)。EER 數值越高愈高，效能愈好。(一般數值約 0.5 至 1.0)，本研究將致冷晶片與傳統冷卻壓縮機比較結果如下：

(一)致冷晶片

(1) EER 值=冷房能力(Kcal/H)／使用電力(W)，根據晶片電量 54*(25 平均溫度 /68 最大溫差)=19.85W，25kcal/h 數據計算可得：

$$\text{EER 值}=\frac{25}{0.01985}=1259.46(\text{Kcal/H})/\text{KW}$$

(2)電功率為電流與電壓的乘積， $P=I*V$ 。將歐姆定律帶入電功率公式， $P=I*V=I*(I*R)=(V/R)*V$ 電功率的單位為瓦特 (Watt, W)，電功 (W) 等於電功率 (P) 與時間 (t) 的乘積， $W=P*t$ 改造後生長箱晶片耗電 19.85W 每天運轉 24 小時 一個月使用 30 天

$$\underline{0.01985\text{Kw}*24*30=14.292\text{Kw*hr}(\text{度電})}$$

(3)每月費用=2.38(1 度電費用) *14.292=34.015

$$\underline{\text{每月電費 } 34.015 \text{ 元}}$$

(二)壓縮機

(1)EER 值=冷房能力(Kcal/H)／使用電力(W)，根據冰箱耗電量 80W，30kcal/h 數據計算可得：

$$\text{EER 值}=\frac{30}{0.08}=375(\text{Kcal/H})/\text{KW}$$

(2)電功率為電流與電壓的乘積， $P=I*V$ 。將歐姆定律帶入電功率公式， $P=I*V=I*(I*R)=(V/R)*V$ 電功率的單位為瓦特 (Watt, W)，電功 (W) 等於電功率 (P) 與時間 (t) 的乘積， $W=P*t$ 冰箱 80W 每天運轉 24 小時 一個月使用 30 天

$$\underline{0.08\text{Kw} \times 24 \times 30 = 57.6\text{Kw} \cdot \text{hr}(\text{度電})}$$

$$(3)\text{每月費用} = 2.38(1 \text{ 度電費用}) \times 57.6 = 137.088$$

每月電費 137.088 元

五、生長箱栽種實際測試

(一)冷端植栽測試

本研究將製作完成之生長箱做實際測試，選擇 12 棵迷你非洲紫羅蘭幼苗當實驗組，另選 12 棵迷你非洲紫羅蘭當對照組，觀察 3 個月植物生長狀況並記錄之，以下為各組代號說明：

表(三)實驗組與對照組代號：

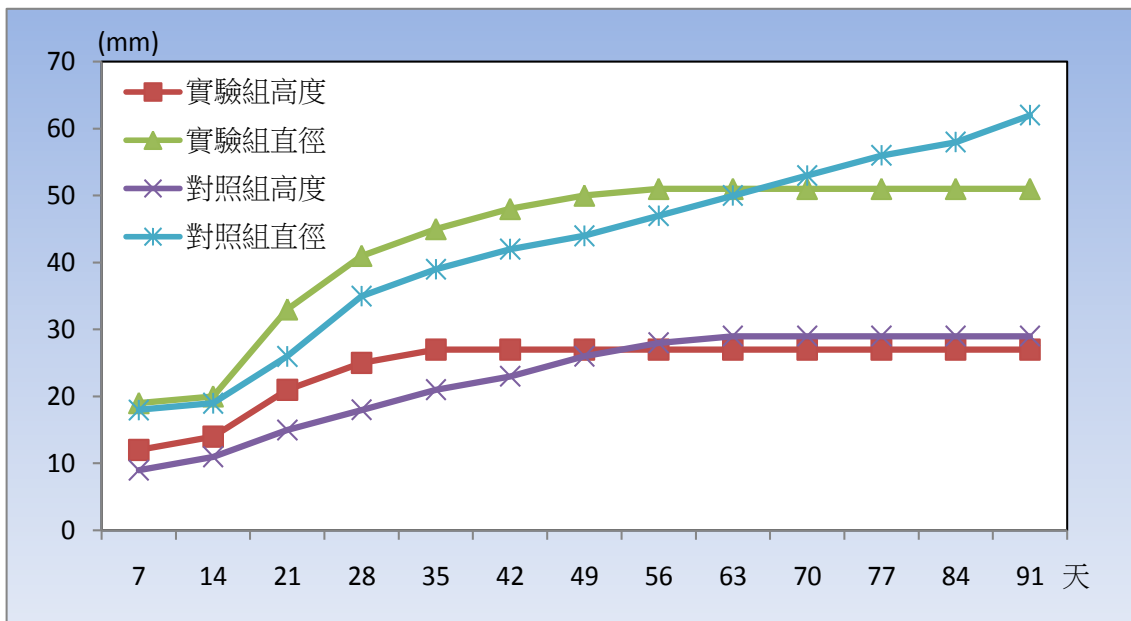
實驗組代號	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
對照組代號	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12

本研究對照組以室溫方式栽種，材質亦選擇珍珠石與椰纖混合，針對植物生長速度與存活率、病蟲害做探討，以下為各組實驗結果：

1.生長速度：

本研究以 7 天觀察記錄一次，採 12 植株的平均值做數據，紀錄三個月時間，以下為實驗數據結果：表(四)生長速度測試：

時間(天) \ 組別	實驗組(A)生長速度		對照組(B)生長速度	
	高度(mm)	直徑(mm)	高度(mm)	直徑(mm)
7	12	19	9	18
14	14	20	11	19
21	21	33	15	26
28	25	41	18	35
35	27	45	21	39
42	27	48	23	42
49	27	50	26	44
56	27	51	28	47
63	27	51	29	50
70	27	51	29	53
77	27	51	29	56
84	27	51	29	58
91	27	51	29	62



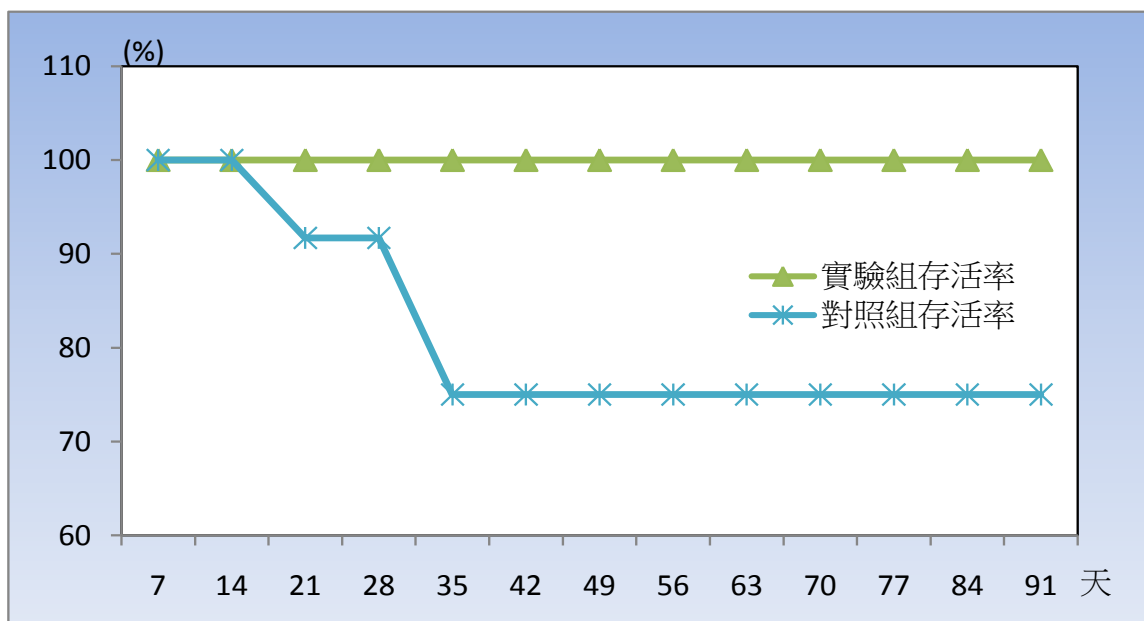
圖(17)各組生長速度曲線圖

由實驗數據得知，實驗組成長初期階較對照組快速，約 50-60 天候，對照組慢慢超越實驗組，推測植物生長箱空間限制植株生長空間，造成後期植株較小。

2. 存活率：

本研究以 7 天觀察記錄一次，以植株存活數量做對比，計算出存活率，紀錄時間三個月，以下為實驗數據結果：表(五)存活率測試：

組別 時間(天)	實驗組存活 植株	實驗組存 活率%	對照組存活 植株	對照組存 活率%
7	12	100	12	100
14	12	100	12	100
21	12	100	11	91.7
28	12	100	11	91.7
35	12	100	9	75
42	12	100	9	75
49	12	100	9	75
56	12	100	9	75
63	12	100	9	75
70	12	100	9	75
77	12	100	9	75
84	12	100	9	75
91	12	100	9	75



圖(19)各組別存活率曲線圖

實驗結果顯示，實驗組存活率高於對照組，顯示溫控條件下，有效提升植株存活率，推測溫控更適合植株存活條件，環境若變化量大，較不利植物存活。

3.病蟲害：

表(六)病蟲害實驗結果：

組別 時間(天)	實驗組(病蟲害)	醫治方式	對照組(病蟲害)	醫治方式
7	無	無	無	無
14	無	無	無	無
21	無	無	仙客來蟻	除葉、殺蟻劑
28	無	無	仙客來蟻	除葉、殺蟻劑
35	白粉病	保粒黴素甲	無	無
42	白粉病	保粒黴素甲	粉介殼蟲	大滅松
49	無	無	粉介殼蟲	大滅松
56	無	無	無	無
63	無	無	無	無
70	無	無	無	無
77	無	無	無	無
84	無	無	無	無
91	無	無	無	無

實驗組在病蟲害方面，只有輕微受到黴菌感染，而得到白粉病，對照組部分植株則受到仙客來蟻與粉介殼蟲的襲擊，甚至造成植株死亡。

(二)熱端測試

本研究將製作完成之生長箱做實際測試，選擇 12 棵多肉植物中苗(多肉成長速度緩慢)當實驗組，另選 12 棵多肉植物當對照組，觀察 3 個月植物生長狀況並記錄之，以下為各組代號說明：

表(七)熱端實驗組與對照組代號：

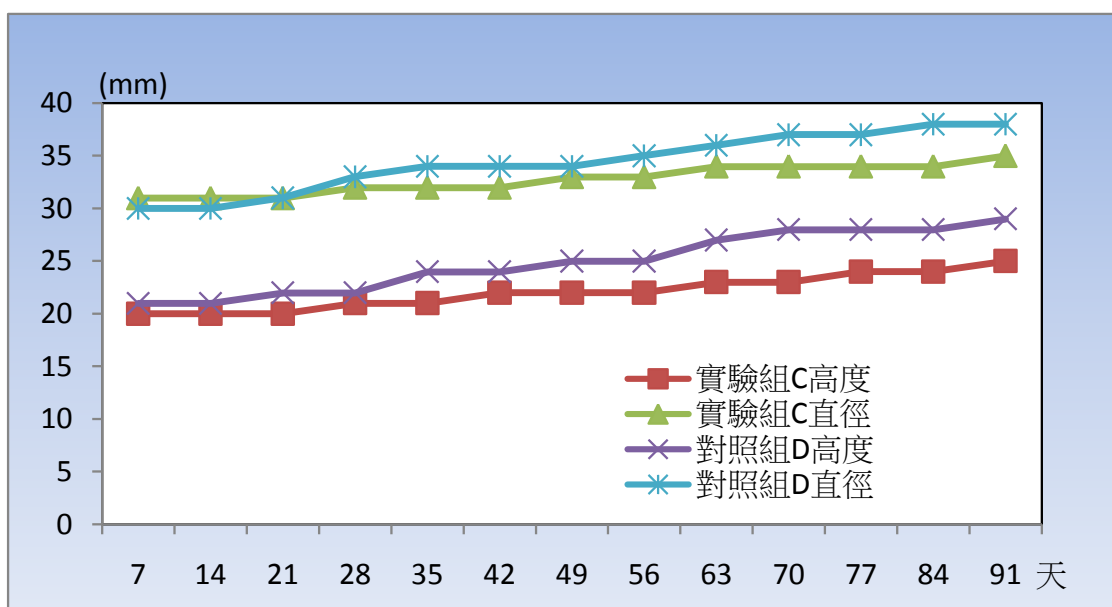
實驗組代號	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
對照組代號	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12

本研究對照組以室溫方式栽種，材質針對多肉植物特性選用赤玉土，亦分析植物生長速度與存活率、病蟲害做探討，以下為各組實驗結果：

1.生長速度：

本研究以 7 天觀察記錄一次，採 12 植株的平均值做數據，紀錄三個月時間，以下為實驗數據結果：表(八)熱端生長速度測試

組別 時間(天)	實驗組(C)生長速度		對照組生(D)速度	
	高度(mm)	直徑(mm)	高度(mm)	直徑(mm)
7	20	31	21	30
14	20	31	21	30
21	20	31	22	31
28	21	32	22	33
35	21	32	24	34
42	22	32	24	34
49	22	33	25	34
56	22	33	25	35
63	23	34	27	36
70	23	34	28	37
77	24	34	28	37
84	24	34	28	38
91	25	35	29	38



圖(20)熱端生長速度曲線圖

由實驗數據得知，實驗組成長皆不如對照組快，可見多肉植物在室外生長較生長箱更快速，且多肉植物成長緩慢，變化量很些微。

2. 存活率：

本研究以 7 天觀察記錄一次，以植株存活數量做對比，計算出存活率，紀錄時間三個月，以下為實驗數據結果：表(九)熱端存活率測試

組別 時間(天)	實驗組存活 植株	實驗組存 活率%	對照組存活 植株	對照組存 活率%
7	12	100	12	100
14	12	100	12	100
21	12	100	12	100
28	12	100	12	100
35	12	100	12	100
42	12	100	12	100
49	12	100	12	100
56	12	100	12	100
63	12	100	12	100
70	12	100	12	100
77	12	100	12	100
84	12	100	12	100
91	12	100	12	100

實驗結果得知，實驗組與對照組存活率皆為 100%，一再顯示多肉植物，生命力很強韌，適應環境能力特佳。

3.病蟲害：



圖(21)多肉植物鏽病圖

表(十)熱端病蟲害實驗結果

組別 時間(天)	實驗組(病蟲害)	醫治方式	對照組(病蟲害)	醫治方式
7	無	無	無	無
14	無	無	無	無
21	無	無	鏽病	大滅松
28	無	無	鏽病	大滅松
35	無	無	鏽病	大滅松
42	無	無	無	無
49	無	無	無	無
56	無	無	無	無
63	無	無	無	無
70	無	無	無	無
77	無	無	無	無
84	無	無	無	無
91	無	無	無	無

實驗組在病蟲害方面，皆無病蟲害，對照組部分植株則受到鏽病的襲擊，由此可知生長箱較能防禦病蟲害。

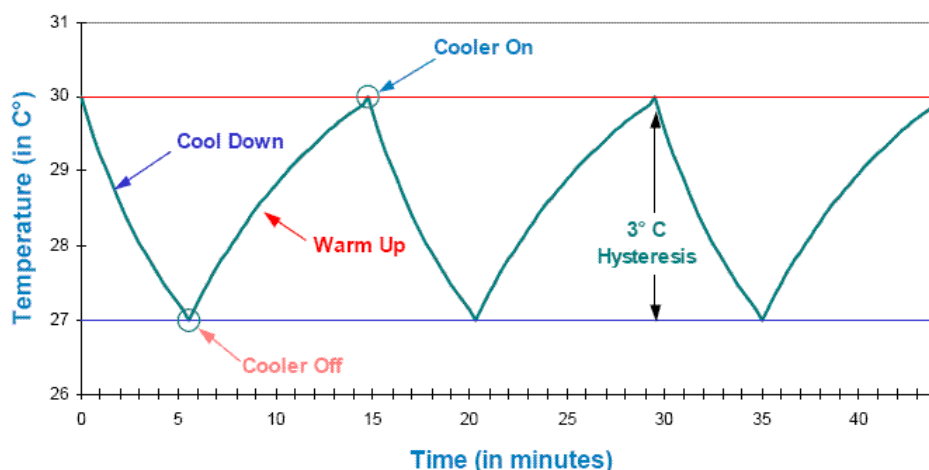
陸、討論

一、本研究得知晶片的致冷效能受制於下列幾點：

- (一)散熱片的大小與散熱方式。
- (二)散熱片與晶片皆面是否平整，且散熱膏是否均勻塗抹。
- (三)電源供應器的輸出功率是否符合晶片所需。
- (四)制冷空間容積，是否能與晶片效能配合。
- (五)冷端的冷凝片亦影響冷卻效能。

二、晶片的壽命與溫控開關間的關係

若使用市面上最常看到的是 On-Off 溫度控制方式。當溫度到達上限時，把電切掉，當溫度到達下限時，把電切入。溫控物件的溫度變化便如下圖所示。

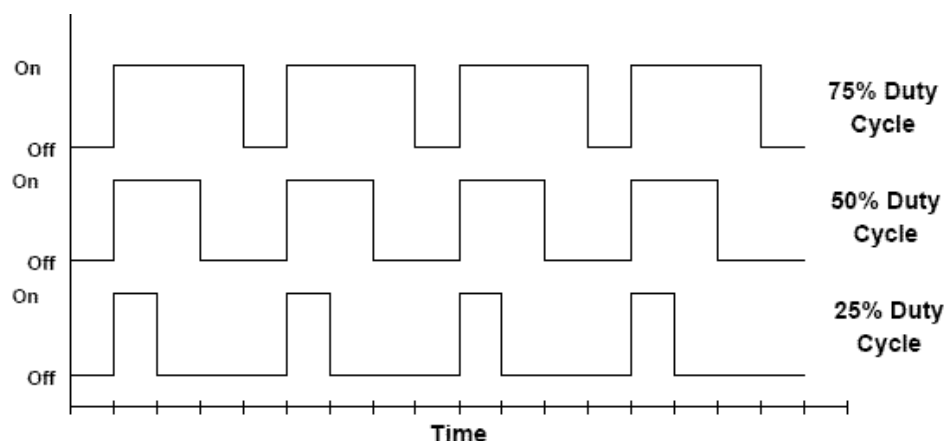


圖(22) On-Off 溫度控制方式

溫度在 27°C 至 30°C 之間不停的切換，產生冷熱交替(Thermal Cycling)。嚴重減低致冷晶片的壽命。

改善方式：

採用 P.W.M.(Pulse Width Modulation)溫度控制方式可以克服冷熱交替(Thermal Cycling)的缺點。它加到致冷晶片的電氣信號是固定頻率的脈波。但是它的任務週期(Duty Cycle)是可變化的。如下圖所示。



圖(23) P.W.M.溫度控制方式

三、致冷晶片是否能全面取代壓縮機

致冷晶片在小空間中使用，確實能達到省電節能的效果，但若使用在較大空間，壓縮機則較為適當，由實驗過程中觀察，晶片反映的致冷效能，皆須經過30分鐘才能到達要求，且亦無法達到冷凍效果，只能保鮮，因此壓縮機有其存在的必要性，致冷晶片適用場合如下表。

表(6)晶片適用場合：

應用領域	產品應用
軍事航空方面	衛星、夜視裝備冷卻、導彈制導、光纖通訊、人員衣服冷卻、航空電子設備、環境分析電子元件恆? ...等
醫療生化方面	露點儀、冰點儀、低溫毛毯、手提式藥櫃、血液分析儀(Blood Analyzer)、冷熱敷療器(Therapy Water Pad)··等
電子及光電方面	電腦CPU、雷射發光頭(Laser Diode Cooler)、微處理器冷? ...等
科學實驗方面	自動調溫器、雷射冷卻裝置、切片機、遠程溫度控制器··等
工業量測方面	熱量計、分光光度計、精密溫度控制、? 外線校準源、電腦微處理機和參數控制··等
民生消費方面	冰水機、冷飲杯、小功率發電機、除濕機(Dehumidifier)、手提式冰箱、機車安全帽冷卻器、配電箱冷卻器··等

三、植物生長箱未來的發展

植物生長箱冷端部分尚可栽種食蟲植物、蝴蝶蘭等較耐寒之植物，原本為季節性的植物，可透過本研究自製的植物生長箱，達到全年栽種的效果，所耗的成本與電力極低，一般消非大眾皆可以負擔；生長箱熱端部分，利用回收廢熱產生的溫度，除本研究栽種的多肉植物外，尚可種植空氣鳳梨、鼠尾草等耐熱植物。

柒、結論

本研究主要基於環境美化、回收、環保、節約能源的角度來探討，隨著科技的發展，人們越來越沒有機會接近大自然，每天朝九晚五的生活中，眼睛所接觸的盡是五光十色的人工光線，近視早已成為現今社會中的文明病，然而若能把綠色植物變成辦公室中的盆栽，相信對於美化環境與淨化空氣品質，將會有很大的幫助，利用電熱效應的晶片自製植物生長箱，在溫室氣體排放超量的今日，有效利用廢熱或節省資源，將會是明日重要的議題，下次的研究將針對晶片其他運用方式做開發。

捌、參考文獻

中文文獻

- 一、柯憲文，低維度硒化鉍熱電材料之合成與顯微分析。東華大學化學碩士論文，2002。
- 二、柯南，全能電路設計 Protel Schematic 99 SE，台科大圖書股份有限公司。
- 三、徐國財，張立德。奈米複合材料，五南圖書出版股份有限公司 2004 年
- 四、張瑚松。1998。熱電式冷氣機設計在快速原型機溫控的應用。碩士論文。台北：國立台灣大學農業機械工程學研究所。
- 五、黃秉鈞，廖永欽”恆溫恆濕箱控制器設計”，國立台灣大學機械工程學研究所碩士論文，2001。
- 六、葉俊嘉，氮化鎵奈米粒子及奈米線晶體的合成、鑑定與性質，中正大學化學碩士論文，2000。
- 七、蔡朝洋，單晶片微電腦 8051/8951 原理與應用，全華科技圖書股份有限公司。

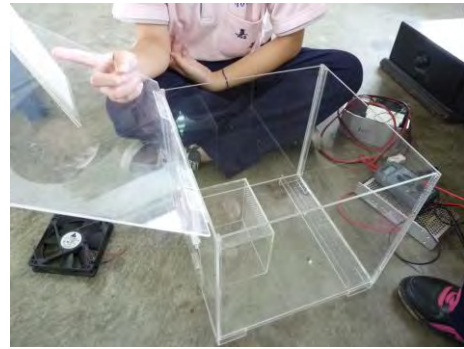
網路資料

- 八、<http://www.tande.com.tw/index.htm>，天地能源暨溫控器材行。
- 九、<http://www.wretch.cc/blog/frontsidebus/11730506>；急速冷卻系統。
- 十、<http://www.ndhu.edu.tw/~ykkuo/thermoelectric.pdf>。東華大學。2005。熱電材料應用簡介。花蓮：東華大學。
- 十一、<http://www.dollyyeh.idv.tw/>，妙妙非洲堇網站

附錄



植物生長箱切割組裝



生長箱開合測試



溫濕度測試



風扇散熱鰭選擇



契合度測試



溫控器組裝



植物生長箱成品



冷端實驗組



熱端實驗組



植物生長箱與植株組合



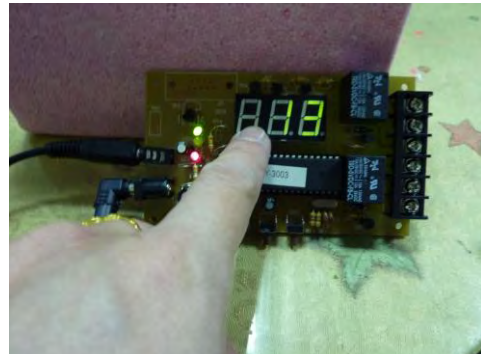
溫控器作動



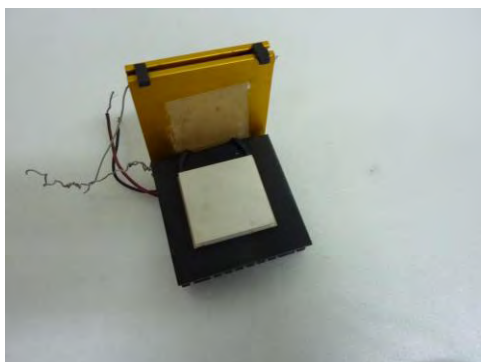
熱端對照組



冷端對照組



溫控器校正



致冷晶片檢驗



三用電表測試

【評語】 030819

巧妙利用熱電致冷晶片的冷熱兩端，同時創造差異極大的生態環境，培養不同觀賞植物。若能開發更有意義的應用，將更有價值。