

# 雙效空調熱泵簡介與應用

方煒

台大生物產業機電工程學系教授

台大生農學院環控農業卓越中心主任

冷通、暖通

太极拳、血液循环、气机导引

生物机电之密闭式回路系统

我在冷冻空调系统研发上的学思历程

2005/01/25 宁波市，浙江省，中国

催花溫室的设计  
與冷凍空調熱泵  
在蝴蝶蘭產業的應用

方煒 台大生機系教授  
weifang@ntu.edu.tw

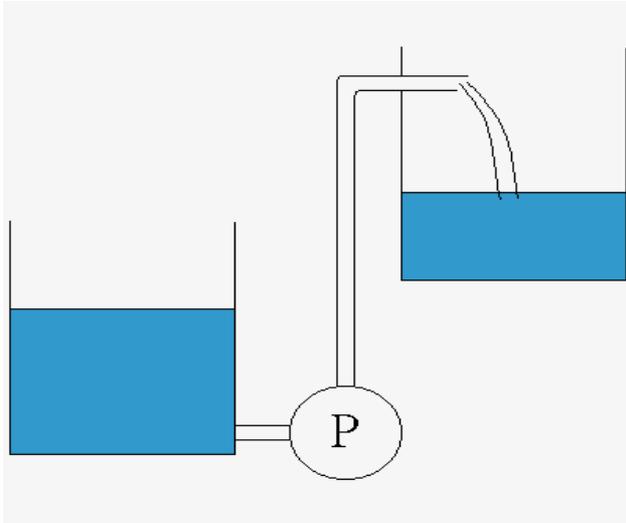
2005/11/05,06 嘉義大學

知其道、用其妙  
论 超高温双效热泵

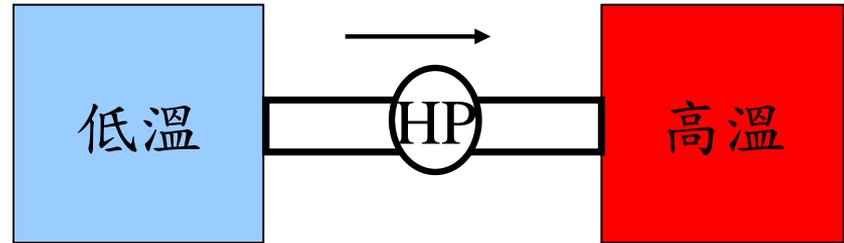
方煒  
台灣大學 生物產業機電工程學系教授

2008 10. 20 中國農業大學 / 中國農科院  
2008 10. 23 江西省上饒縣德興市

# 水泵與熱泵(Heat Pump)的異同

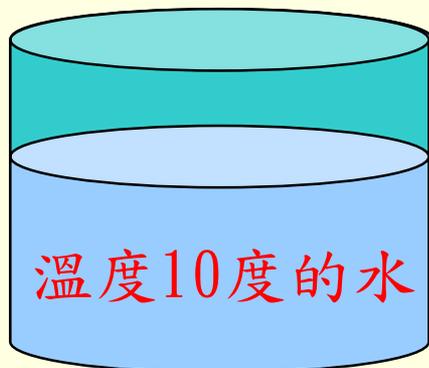
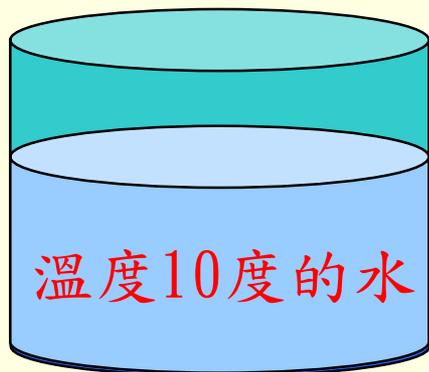


水泵產生 位能差  
將水由低水位送至高水位

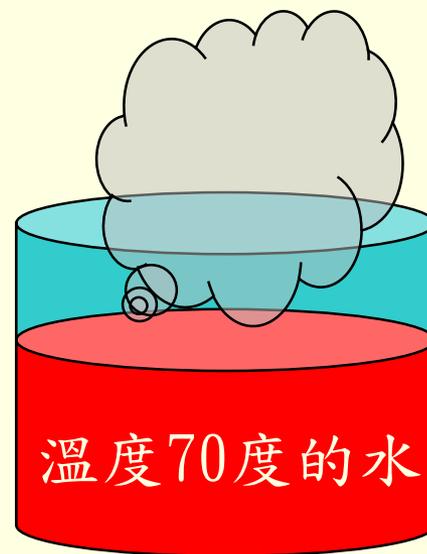
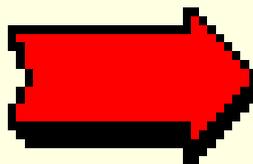


熱泵產生 溫度差  
將能量由低溫區送至高溫區

# 什麼是熱泵



熱泵主機



熱量被熱泵由左側的水中，搬移到右側的水中，左側的水愈來愈冷，右側的水愈來愈熱。

# 何謂熱泵

- 最節能的加溫設備
  - 耗 1 份電力，可產生 3~10 倍熱能
- 能源放大器：無中生有？可能嗎？
- 能源搬運器：不是無中生有，只是搬運

# 傳統的熱水產生系統

- 瓦斯熱水器，鍋爐
  - 產生二氧化碳(溫室氣體)
  - 產生一氧化碳(危害安全)
- 鍋爐
  - 操作安全顧慮
  - 維護費時費工
  - 耗能
- 電熱水器，電熱爐（統稱電熱器）
  - 高耗電

# 各型加熱系統的效能

型式	熱值	COP
電阻式電熱器	3.6 kJ/kWh	1
熱泵	3.6 kJ/kWh	2 ~ 2.75
2號燃油	38000 kJ/L	0.65 ~ 0.75
天然氣	35000 kJ/m <sup>3</sup>	0.7 ~ 0.85
液態瓦斯(LP)	26000 kJ/L	0.7 ~ 0.85

# 各型加熱系統的效能

表 1、各種能源設備燃料費用

(以 1,000 公升冷水由 21°C 加熱至 58°C 需熱量 37,000 仟卡為例)

能源設備種類 (效率)	熱量需求	單位能源之加熱量	耗能	能源單價	費用
電熱水器(0.9)	37,000 仟卡 ÷	731 仟卡/度	= 50.6 度 ×	2.6 元/度 =	132 元
液化瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡 ÷	9,000 仟卡/公斤	= 4.11 公斤 ×	25 元/公斤 =	103 元
柴油鍋爐(0.75)	37,000 仟卡 ÷	6,612 仟卡/公升	= 5.60 公升 ×	11 元/公升 =	61.6 元
天然瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡 ÷	6,707 仟卡/度	= 5.52 度 ×	12.8 元/度 =	70.7 元
熱泵熱水器(COP 2.6)	37,000 仟卡 ÷	2,236 仟卡/度	= 16.55 度 ×	2.6 元/度 =	43 元
熱泵熱水器(COP 3.0)	37,000 仟卡 ÷	2,580 仟卡/度	= 14.34 度 ×	2.6 元/度 =	37 元
熱泵熱水器(COP3.6)	37,000 仟卡 ÷	3,096 仟卡/度	= 11.95 度 ×	2.6 元/度 =	31 元

# 各種加熱系統之比較

	熱泵(COP=4)	電能	天然氣	柴油	燃料油
單價 (2007/9)	NT2.4/Deg	NT2.4/Deg	NT15/Deg	NT25.5/L	NT14.2/L
熱值	3440 kcal/Deg	860 kcal/Deg	12000 kcal/Deg	10300 kcal/L	9700 kcal/L
Mega kcal	290.7 Deg	1162.8 Deg	83.3 Deg	97.1 L	103.1 L
花費	698元	2791元	1250元	2476元	1464元

**1**
**4**
**1.8**
**3.5**
**2.1**

搭配大型保溫熱水槽，使用離峰電力(0.8NT\$/度)，可進一步節能

**1**
**4**
**5.4**
**10.5**
**6.3**

(方，2007)

# 2010年6月

## 節能效益計算比較表格

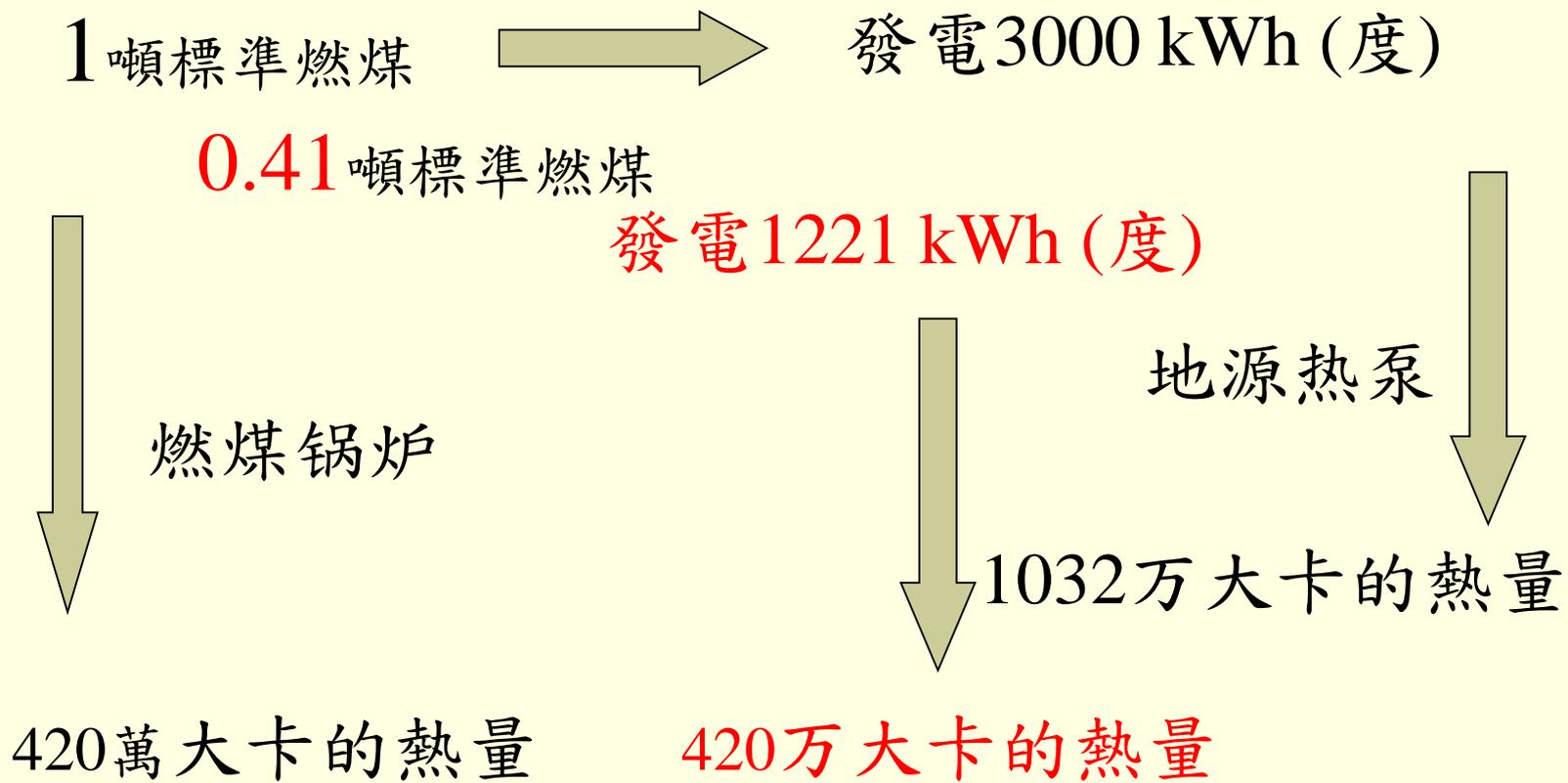
制熱方式	電熱水器	瓦斯熱水器		柴油鍋爐	燃油鍋爐	MEHP熱泵
能源別	電力	天然瓦斯	液化瓦斯	柴油	燃料油	電力
能源單價	3.22 元/度	15.41 元/m <sup>3</sup>	29.8 元/kg	24.0 元/L	17.8 元/L	3.22 元/度
熱值	860 Kcal/度	9,000 Kcal/m <sup>3</sup>	9,900 Kcal/kg	8,800 Kcal/L	9,200 Kcal/L	3,875 Kcal/度
能源轉換效率	95.00%	90.00%	80.00%	85.00%	85.00%	100.00%
熱量/元 (台幣)	253/元	525/元	265/元	311/元	439/元	1,203/元
每單位制熱成本	4.75	2.29	4.53	3.86	2.74	1.00元

# 熱泵的優越性

## ■ 節能、省錢之外

- 吸取環境熱能，有助於**減緩全球暖化**
- 沒有燃燒，**不排放**二氧化碳、一氧化碳與其他污染物質
- 不用燃料，**沒有燃料外洩**的安全疑慮
- 不用鍋爐，**不擔心氣爆**問題

# 熱泵節能減碳效能大



# 中國政府相關政策

为鼓励新建或改造的办公楼、工业厂房、医院、宾馆、学校、大型商场、商务楼等公共建筑以及居民住宅楼和农村集中建设的住宅采用热泵系统，鼓励燃煤、燃油锅炉改用热泵系统，2006年5月31日，北京市发展和改革委员会、北京市规划委员会、北京市建设委员会、北京市市政管理委员会、北京市科学技术委员会、北京市财政局、北京市水务局、北京市国土资源局、北京市环境保护局9家单位共同研究制定并下发了《关于发展热泵系统的指导意见》（京发改[2006]839号）文件，文件指出：

“……

## 二、支持鼓励热泵系统的建设和运营

……

2. 其他在本市辖区内建设的各类项目，供热制冷系统选用热泵系统的，根据市规划委核定的建筑面积从本市固定资产投资中安排一次性补助，补助标准为：地下（表）水源热泵35元/平方米，地源热泵和再生水源热泵50元/平方米。

……

## 六、本意见自2006年7月1日起执行。”

# 中華民國政府相關政策

# 從缺

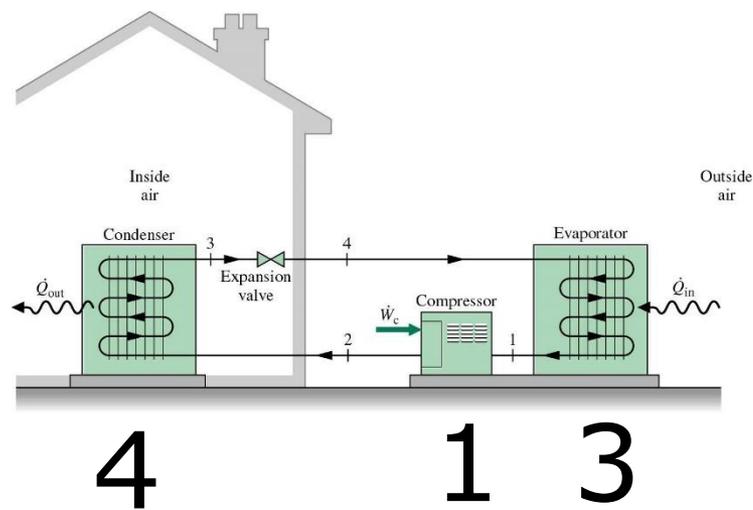
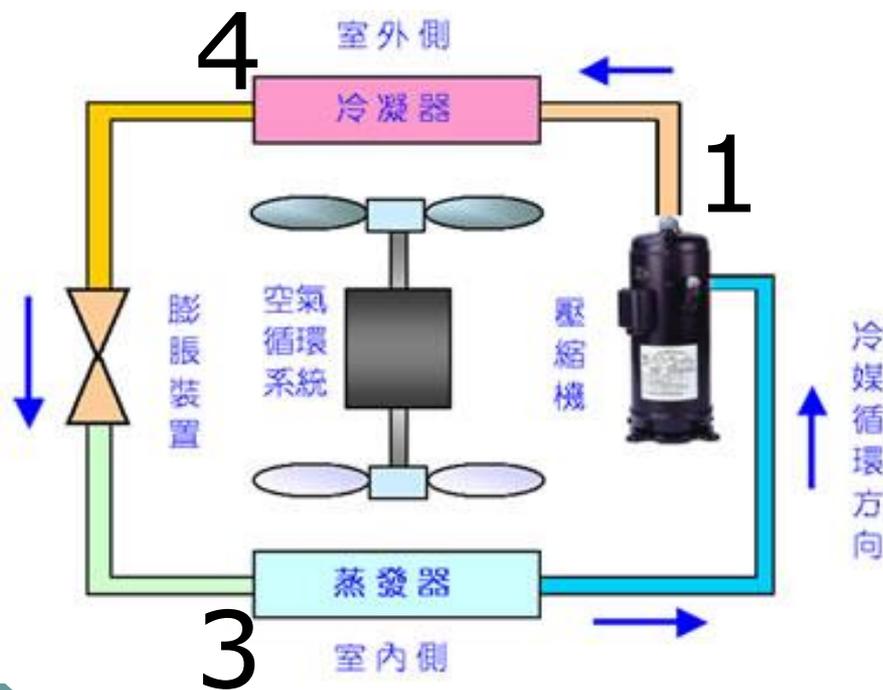
穿西裝不用打領帶

冷氣溫度調低

買節能家電每台補助 2000 元

# 熱泵就是空調系統？ 是的

- 用於降溫 (製冷) 的稱為冷氣機
- 用於加熱 (供暖) 的稱為暖氣機或是熱泵



冷氣機  $COP_{冷}=3$

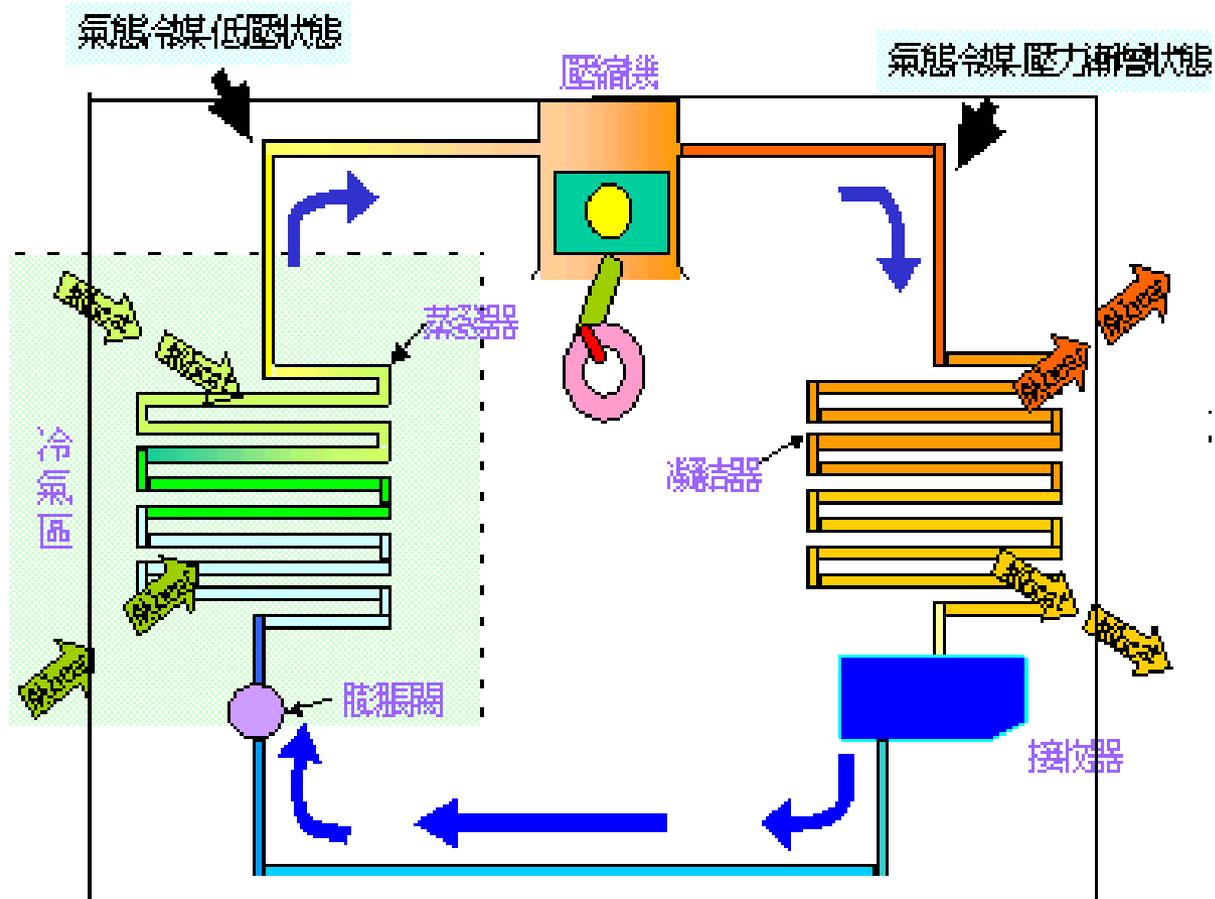
暖氣機  $COP_{熱}=4$

# COP 性能係數

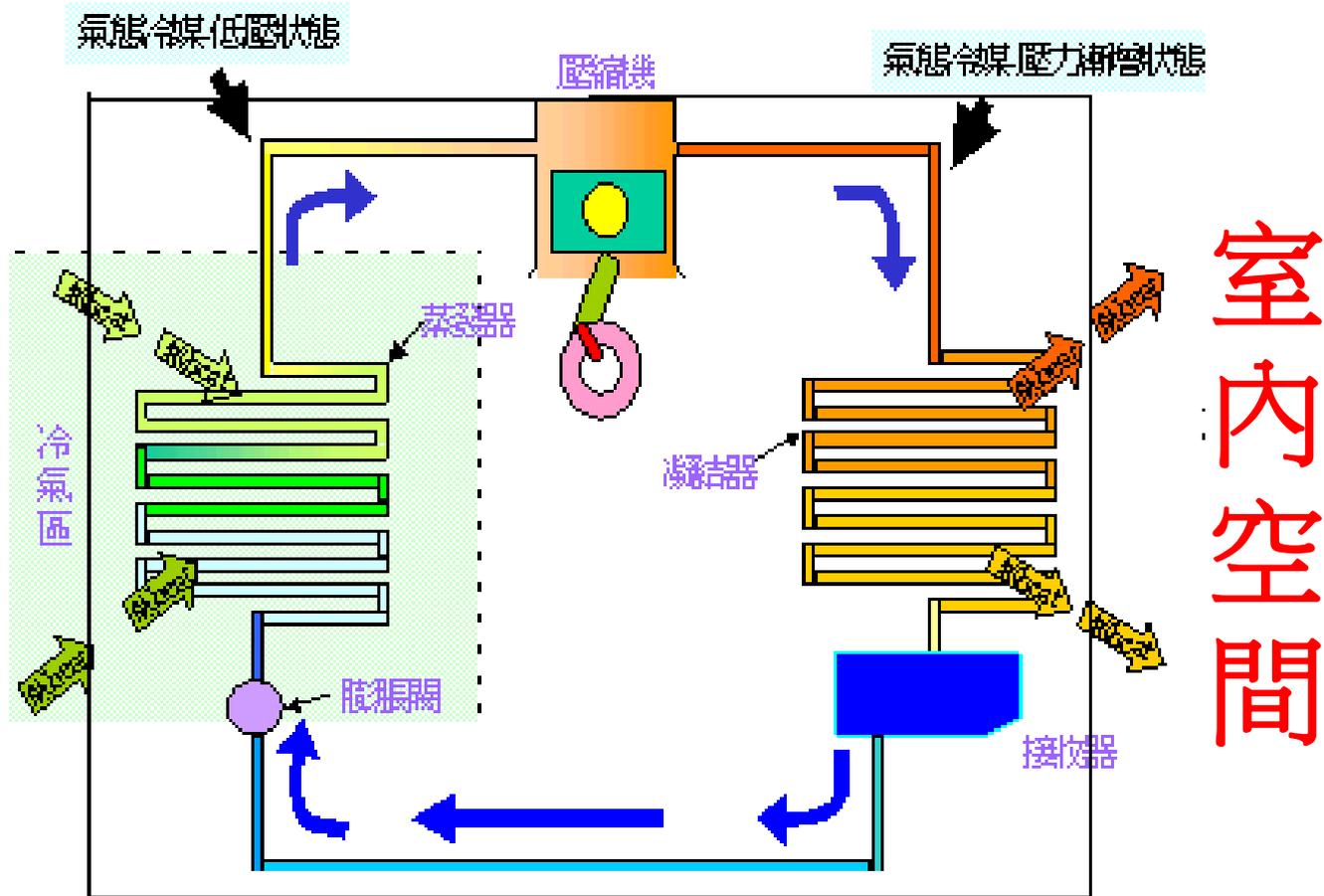
- 製冷側  $\text{COP}_{\text{冷}} = \text{吸熱量} / \text{耗電量}$
- 製熱側  $\text{COP}_{\text{熱}} = \text{供熱量} / \text{耗電量}$
  
- 兩項狀況下
  - $\text{COP}_{\text{熱}} = \text{COP}_{\text{冷}} + 1$

# 單效機種：冷氣機

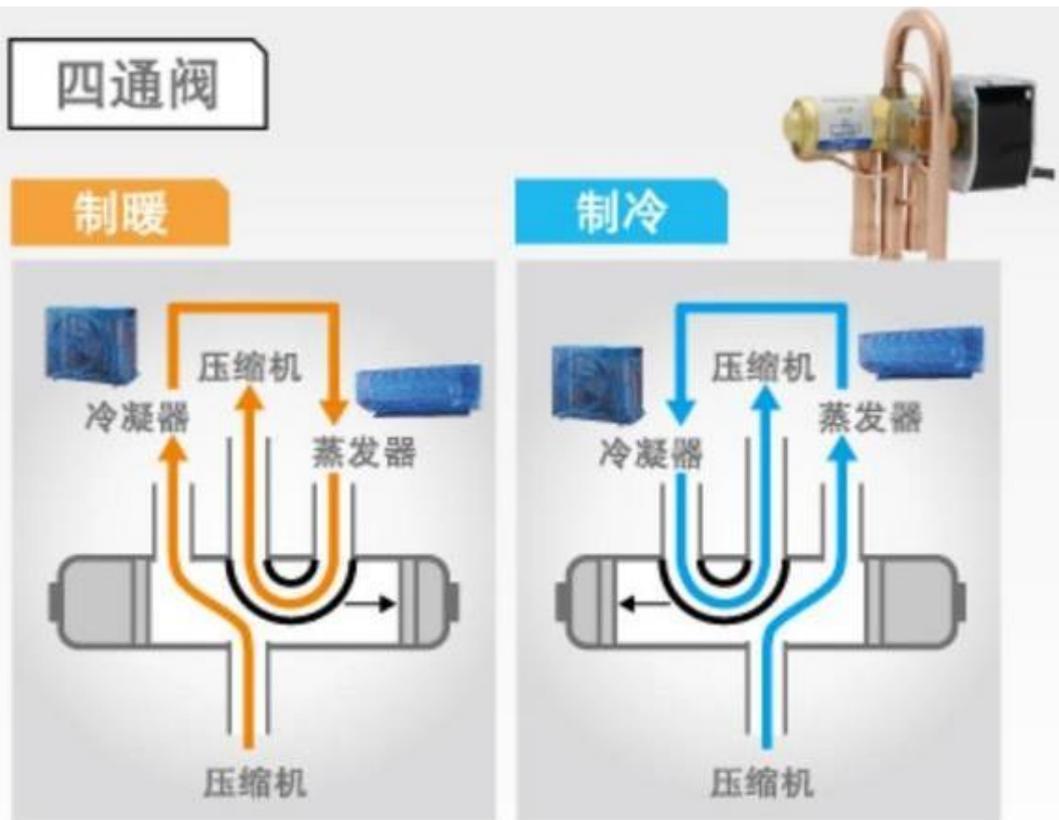
室內空間



# 單效機種：暖氣機

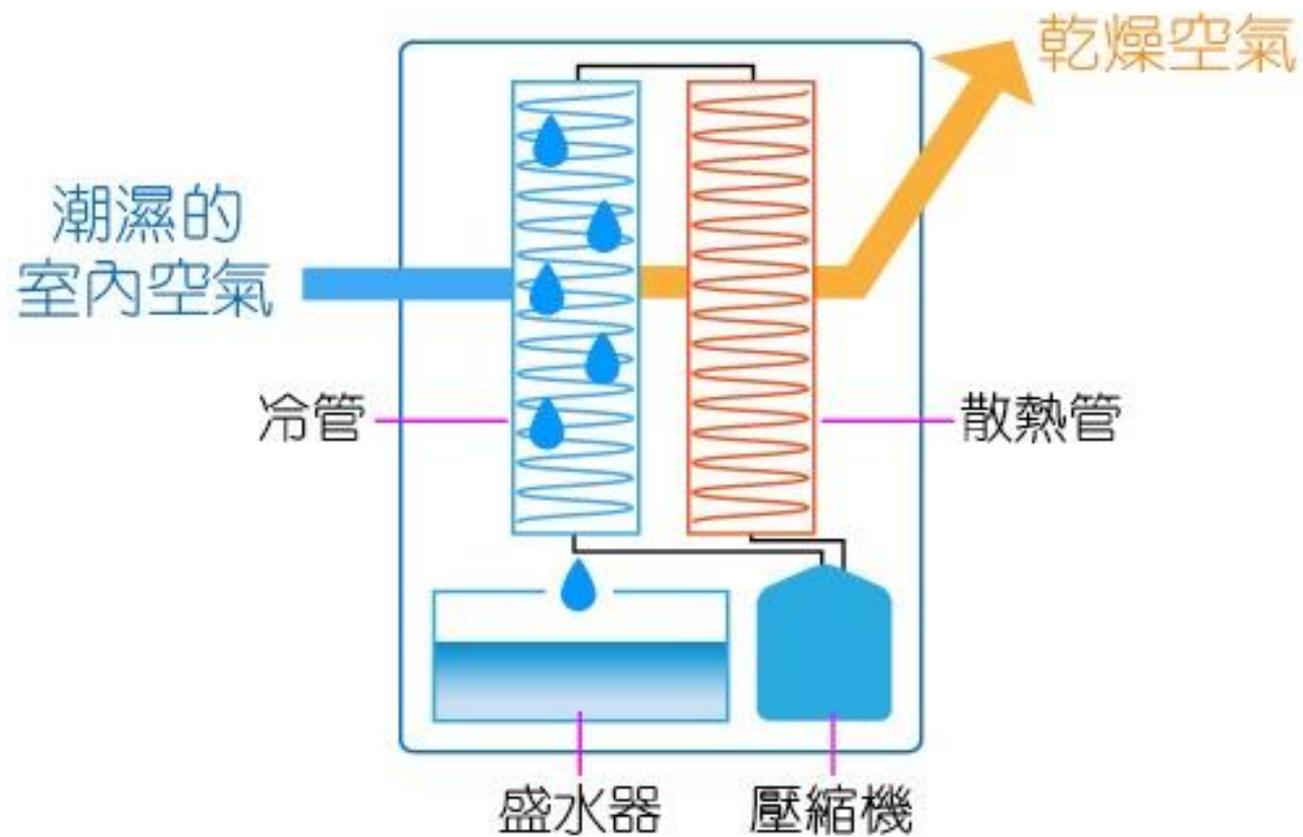


# 冷暖氣機必備的四通閥



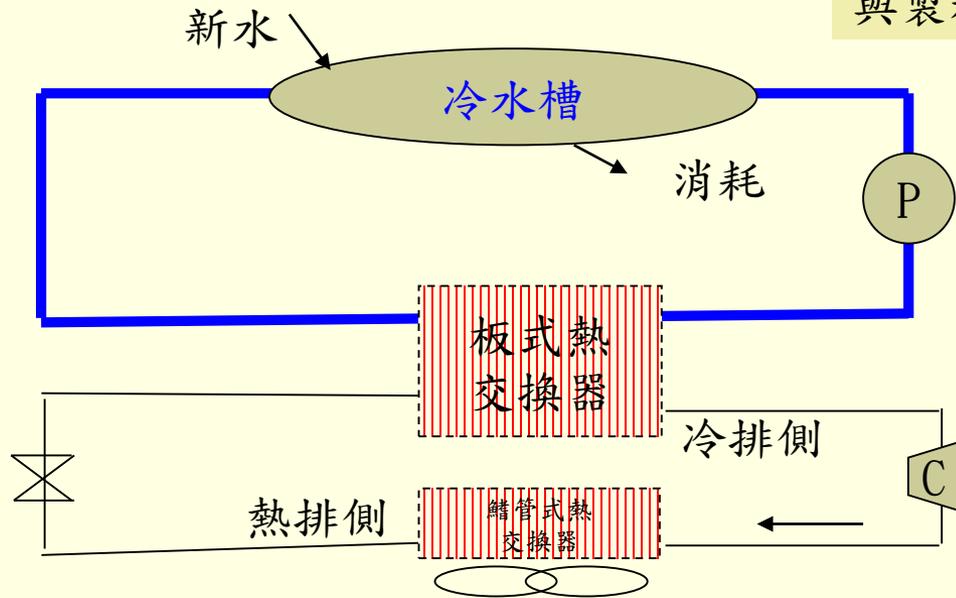
通过四通阀使冷媒的流向逆转，实现冷气及暖气的转换。  
压缩机的出入方向不变。

# 除濕機



# 單效冰水機 水氣型熱泵 製冷水

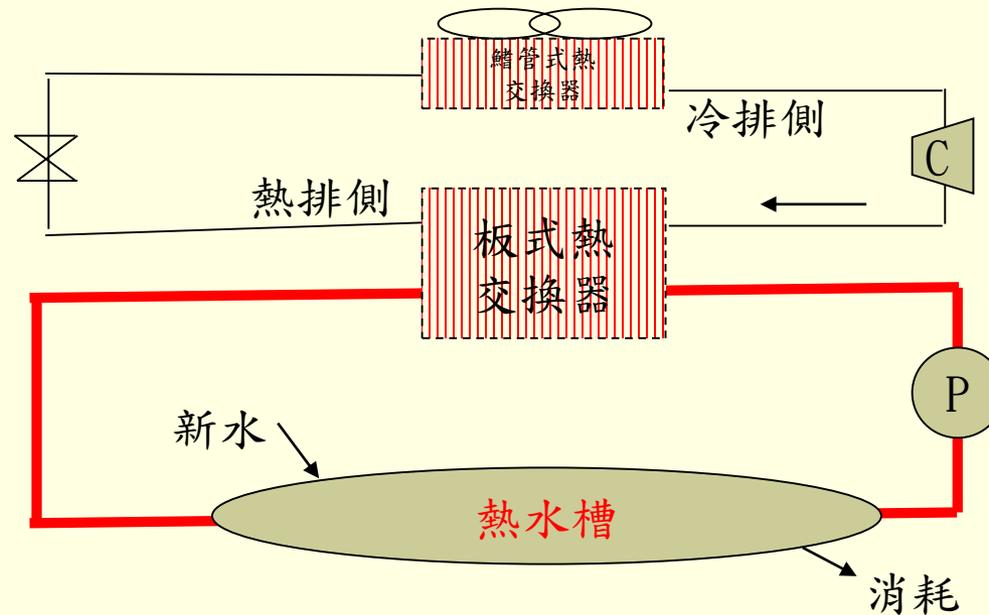
冷水也可用來提供冷氣  
與製程所需之預冷



對環境排放熱氣

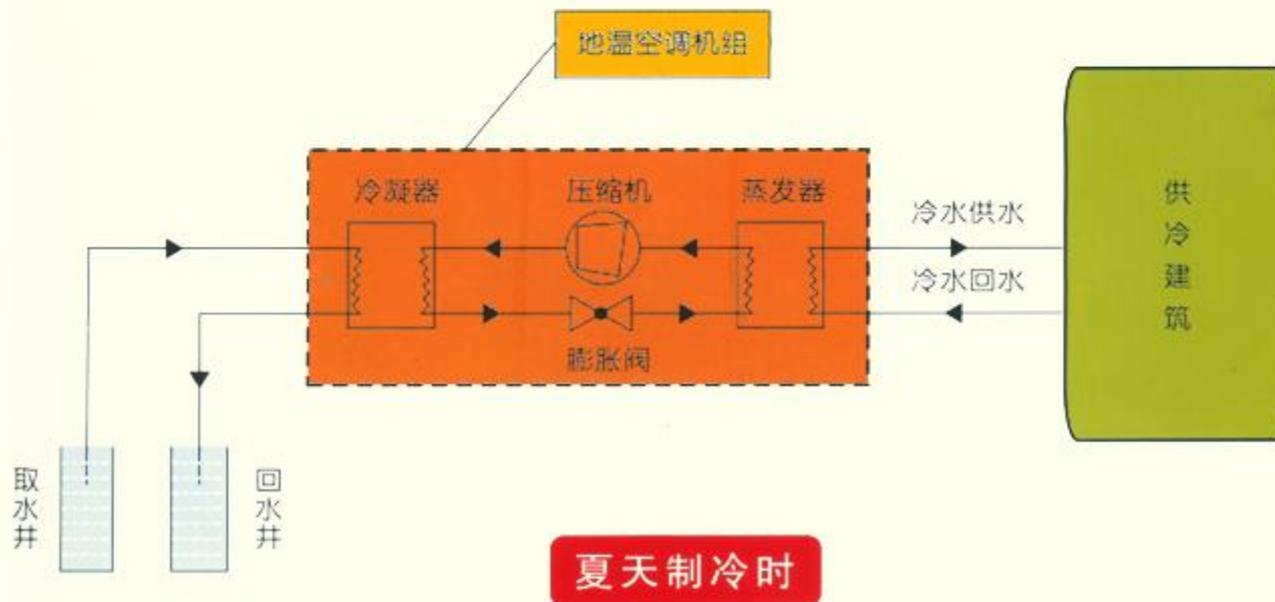
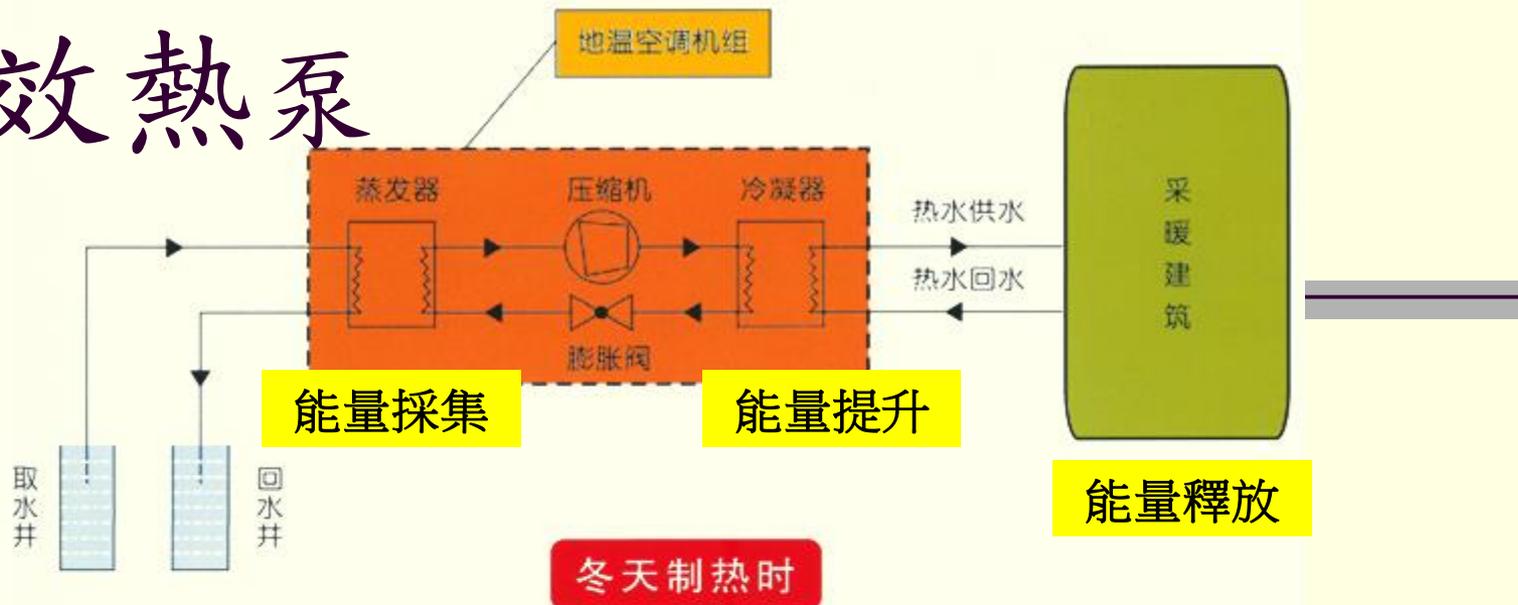
# 單效熱水機 水氣型熱泵 製熱水

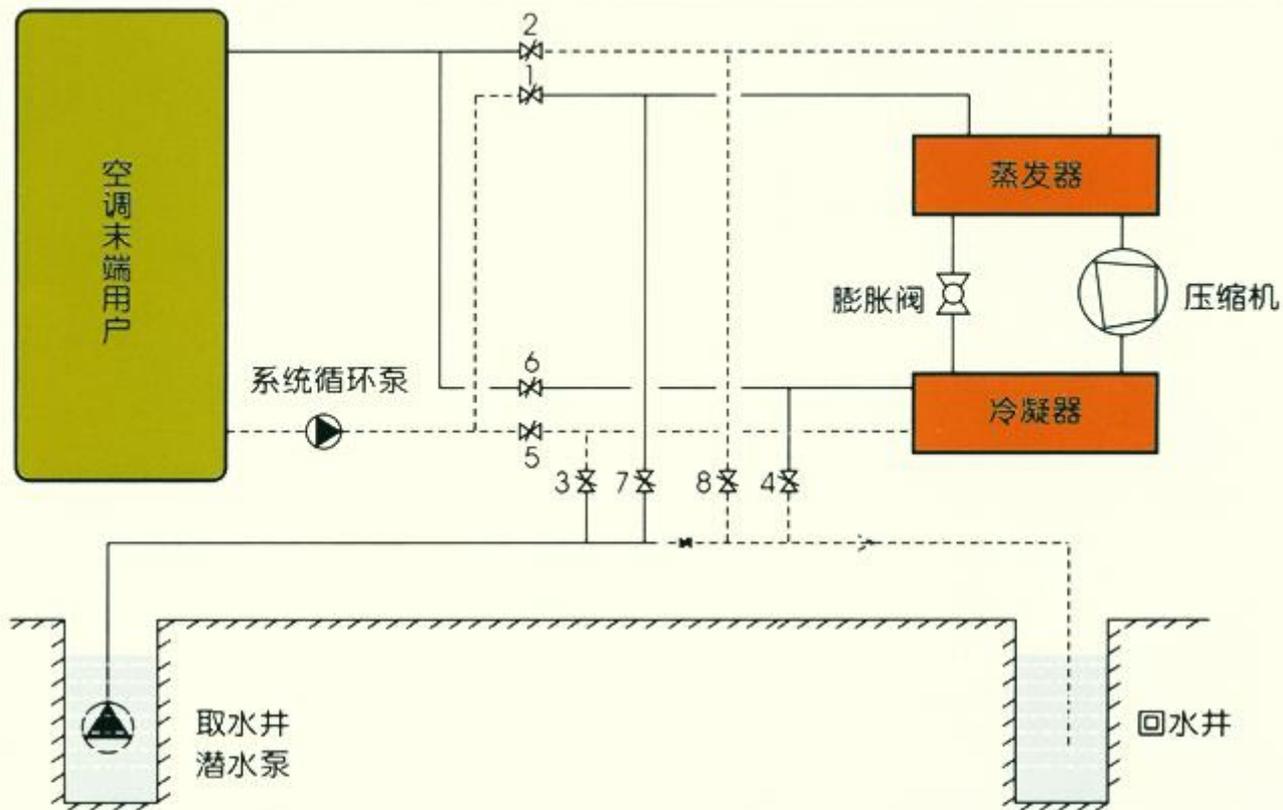
對環境提供/排放冷氣



**熱水** 提供暖氣、生活/消毒  
熱水與製程所需之預熱

# 單效熱泵





- 夏季运行时： { 阀 1, 2, 3, 4 开  
                  { 阀 5, 6, 7, 8 关
- 冬季运行时： { 阀 1, 2, 3, 4 关  
                  { 阀 5, 6, 7, 8 开

**另外需要鍋爐  
提供生活熱水**

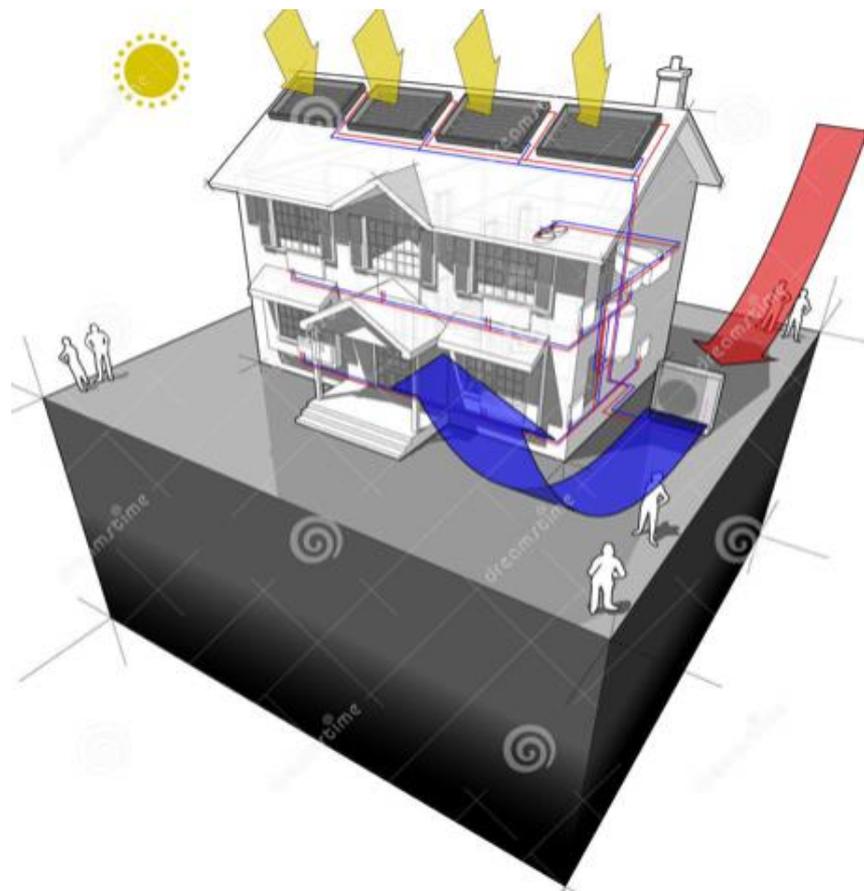
使用水塔/熱排  
對室外散熱就是  
能量的浪費



# 熱泵的分類：依據熱源

- 氣源熱泵

Air-source  
Heat Pump



# 氣源熱泵系統

- **傳統**的氣源熱泵
  - 氣溫低於**15°C**以下的地區不適合使用
- **高性能**的氣源熱泵
  - 氣溫低於**4 °C**以下的地區不適合使用
- 氣源熱泵不適合的高緯度地區可改用
  - **地源**或**水源**熱泵系統。

# 地源熱泵系統 冷/熱能來源

- 表層**土壤**受到陽光照射（用於間接製熱）
- 中/深層**土壤**全年溫度穩定（用於製熱或散熱）
- 深層**岩層**溫度高（用於間接製熱，以水為工作介質）
- 淺/中層**地下水**溫度低（用於間接製冷）
- 高/中/低溫**地熱**應用（用於間接製熱）

# 地熱資源按溫度可分為三類

## ■ 高溫地熱

- 溫度 $>150^{\circ}\text{C}$ 的地熱以蒸汽形式存在

## ■ 中溫地熱

- $90\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的地熱以水和蒸汽的混合物形式存在

## ■ 低溫地熱

- 溫度  $25\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的地熱以

- 溫水 ( $25^{\circ}\text{C}\text{—}40^{\circ}\text{C}$ )
- 溫熱水 ( $40^{\circ}\text{C}\text{—}60^{\circ}\text{C}$ )
- 熱水 ( $60^{\circ}\text{C}\text{—}90^{\circ}\text{C}$ ) 等形式存在

# 可利用的水源



## ■ 地下水

- 淺層、深層地下水

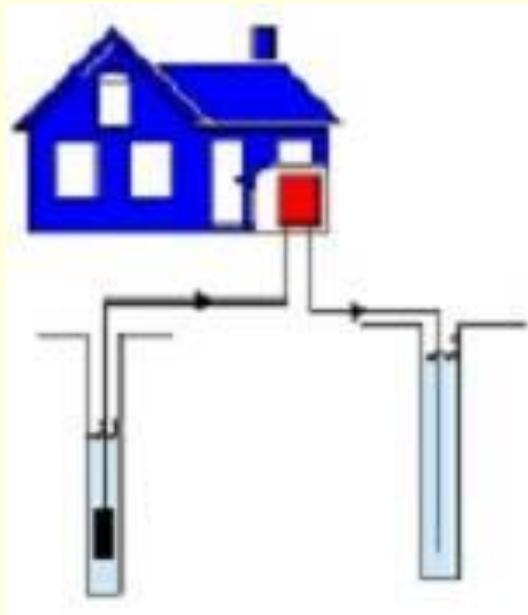
## ■ 地表水

- 湖水、河水、海水

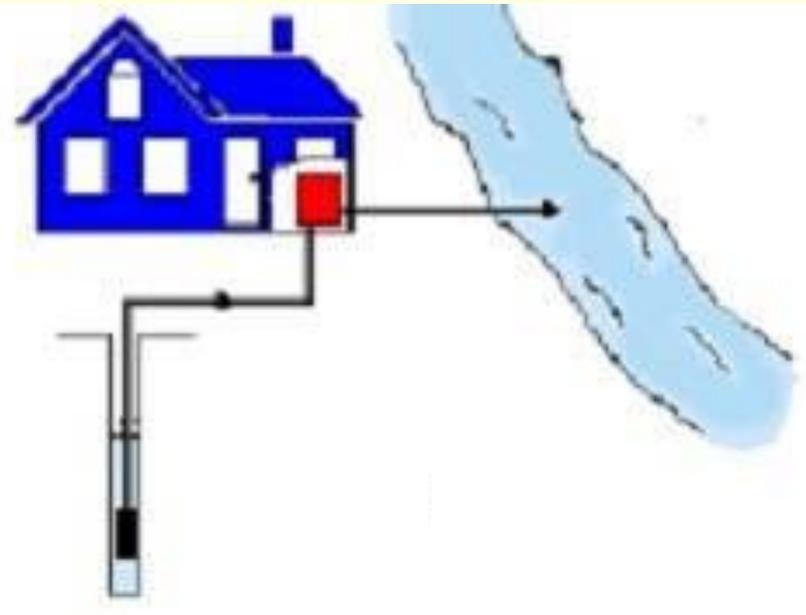
## ■ 污水

- 工業污水、生活污水

# 地下水地源熱泵系統



雙井系統



單井系統

# 地表水地源熱泵系統



閉路系統

開路系統

閉路系統



開路系統



# 可埋管的區域

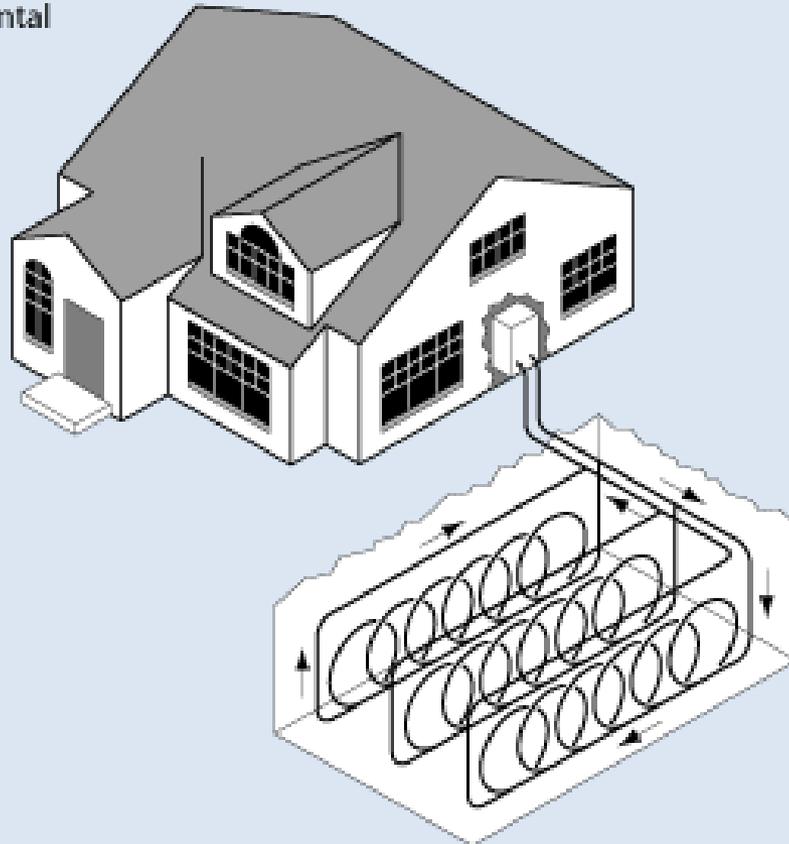
- 建築物外
  - 綠地、停車場
  - 運動場、馬路
  - 湖底
- 建築物下
  - 單獨鑽孔
  - 結構樁內



# 地埋管地源熱泵系統（垂直安裝）

## Closed Loop Systems

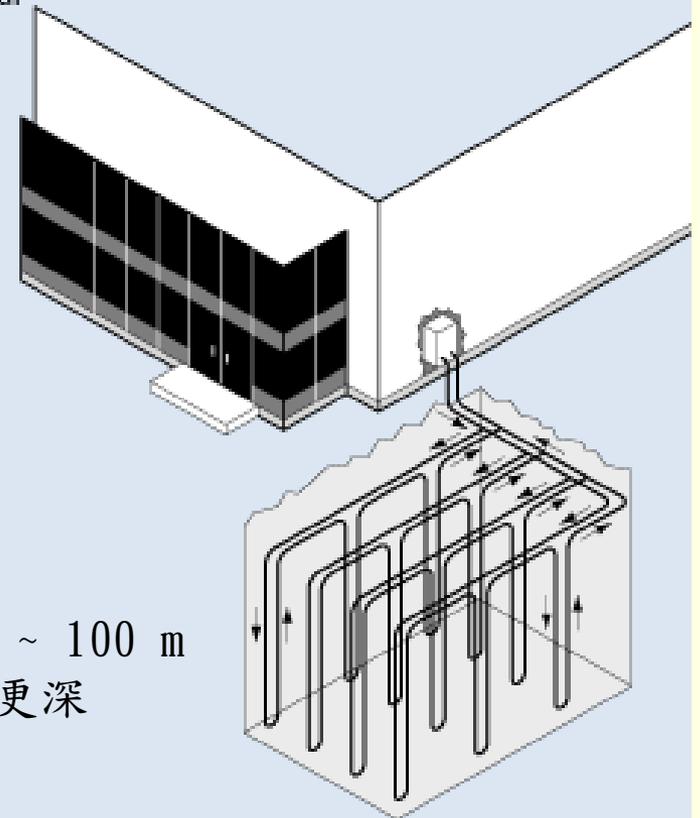
Horizontal

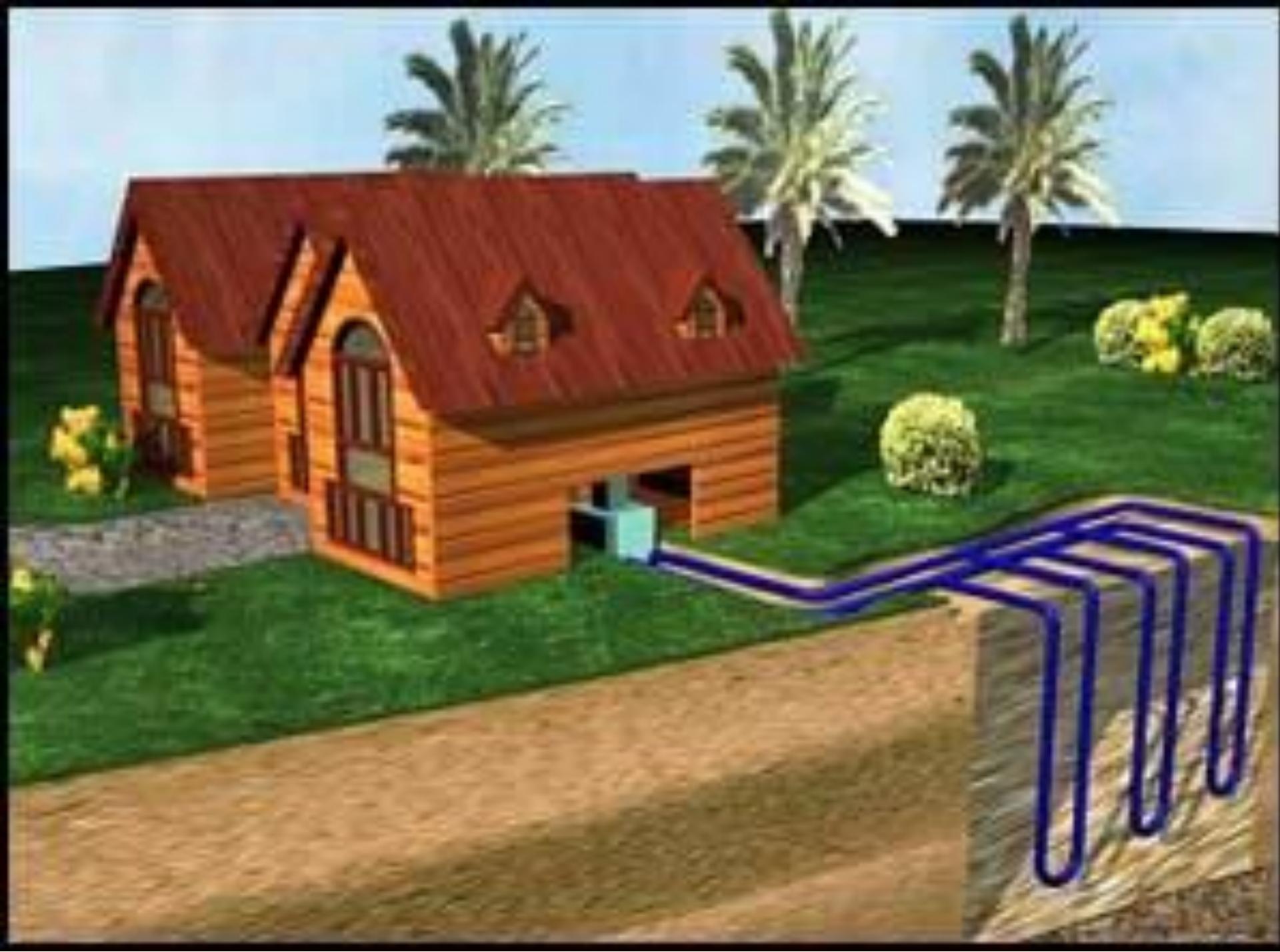


## Closed Loop Systems

Vertical

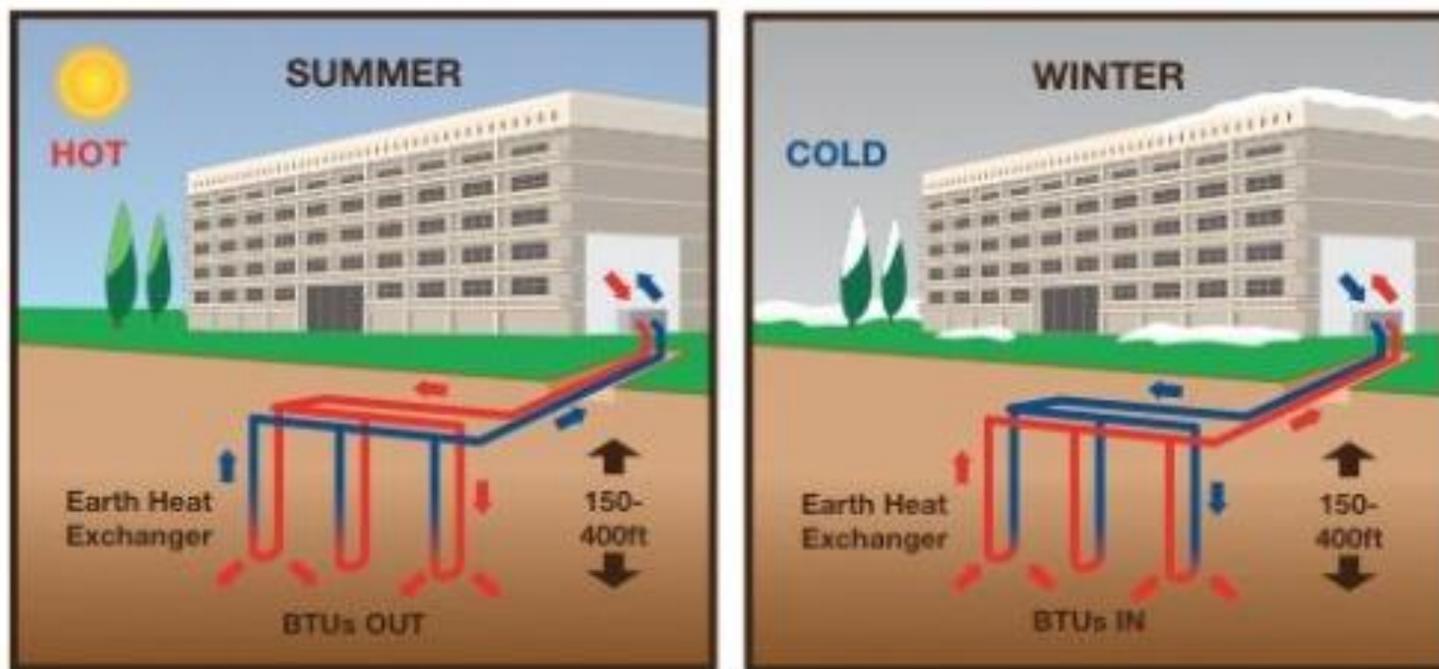
10 ~ 100 m  
或更深





# 熱泵的分類：依據熱源

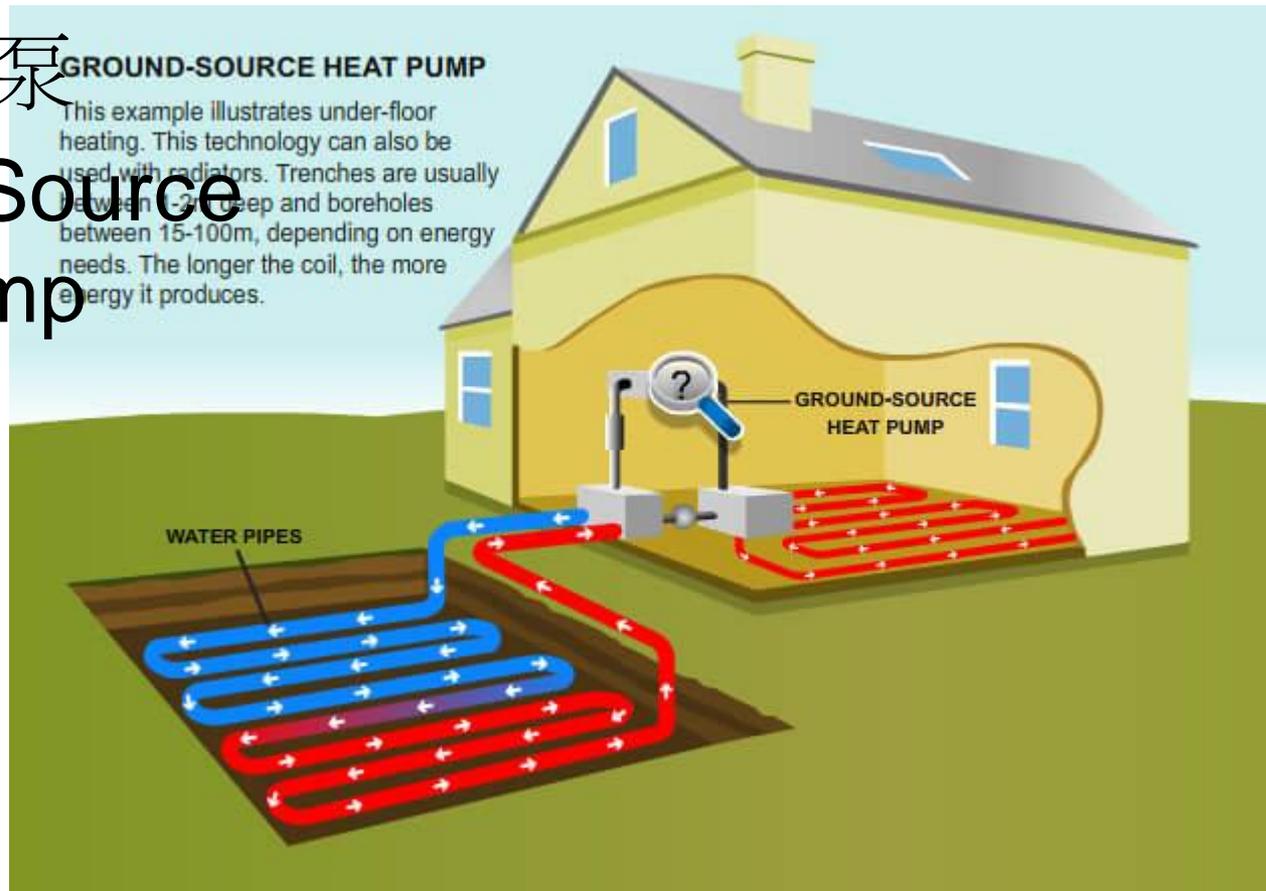
- 地源熱泵 Ground-Source Heat Pump



# 熱泵的分類：依據 熱源

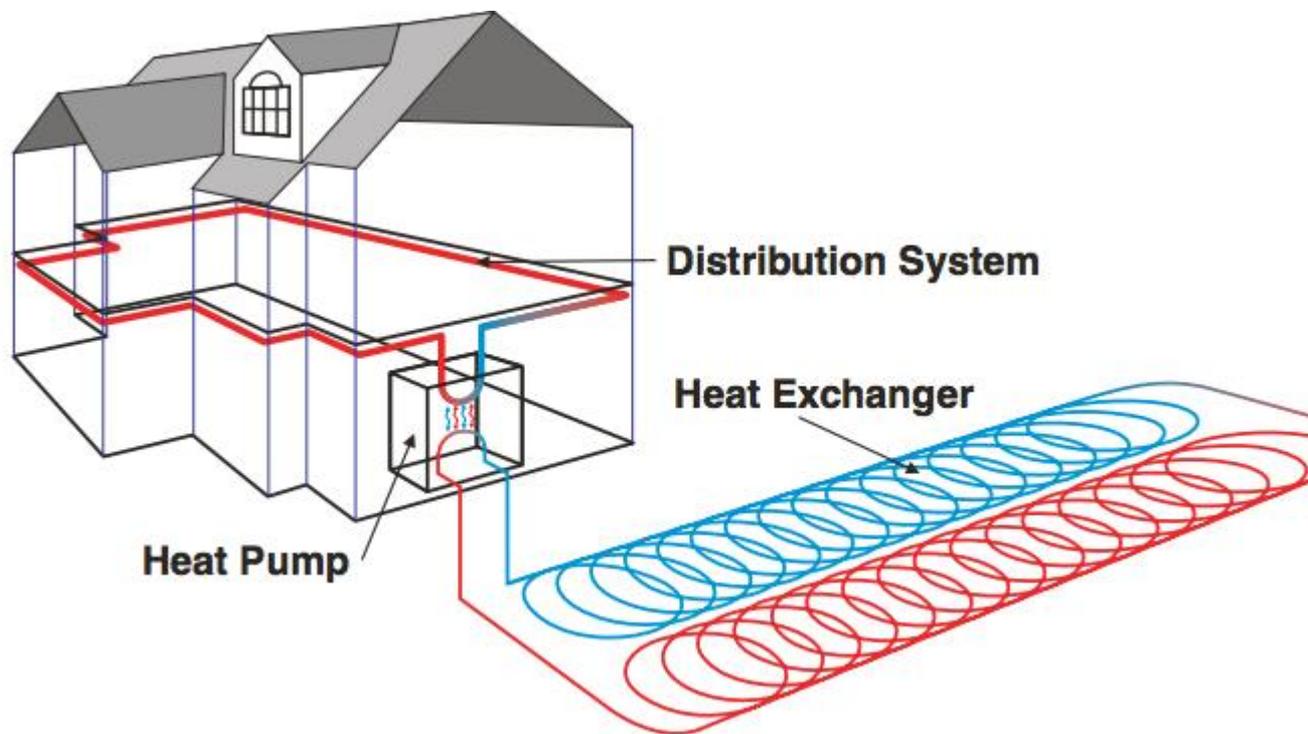
- 地源熱泵

## Ground-Source Heat Pump



# 熱泵的分類：依據熱源

- 地源熱泵 Ground-Source Heat Pump



# 地埋管地源熱泵系統（水平安裝）



# 地埋管地源熱泵系統（水平安裝）



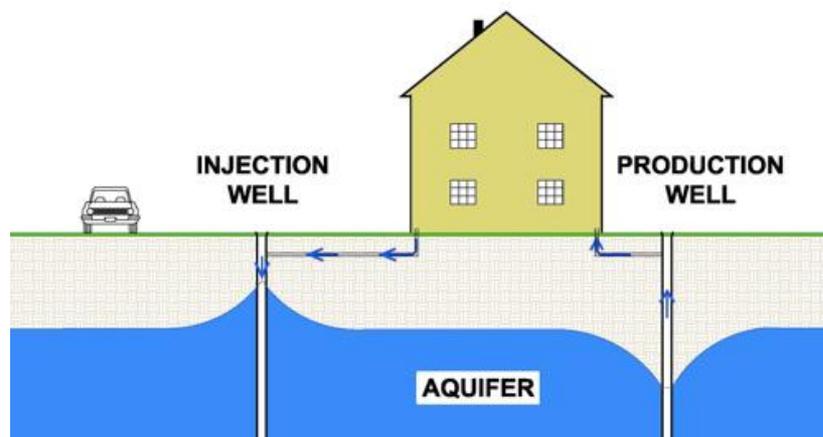
# 兩種地源熱泵系統之比較

垂直 地埋管 或 深層地下水式 地源熱泵系統	水平 地埋管式
佔地面積 小	佔地面積較 大
施工難度 高	施工簡 易
造價 高	低
回收 4~10 年	回收 < 2 年

# 熱泵的分類：依據熱源

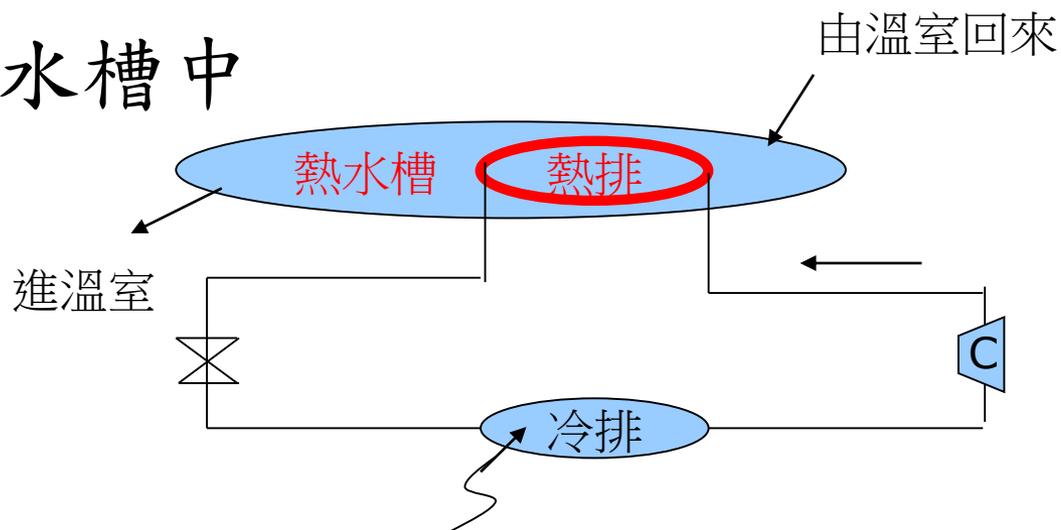
- 水源熱泵

## Water-Source Heat Pump



# 熱泵熱水器-1

## 熱排在水槽中



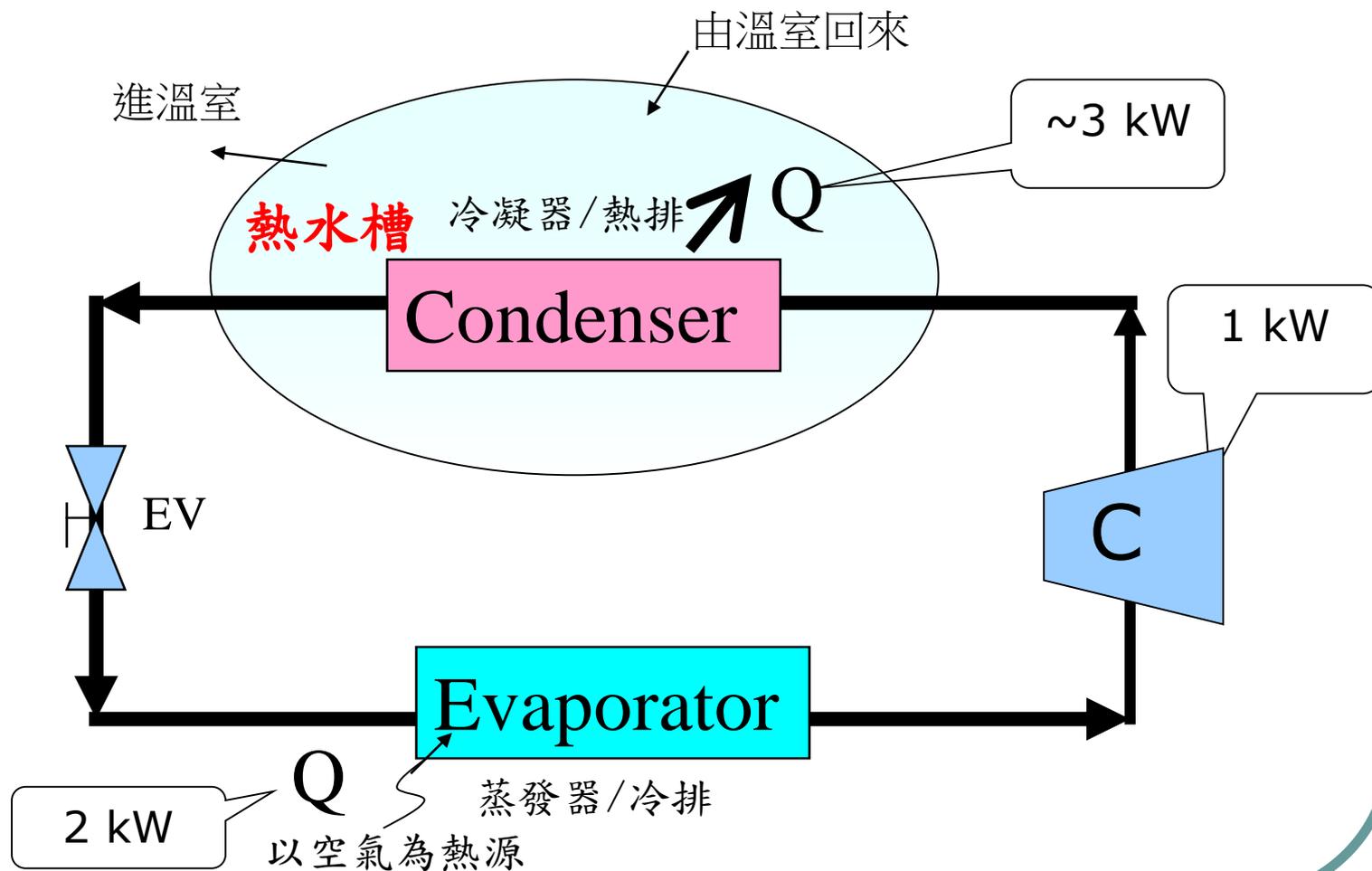
以空氣為熱源

以地下水為熱源

以溫泉為熱源

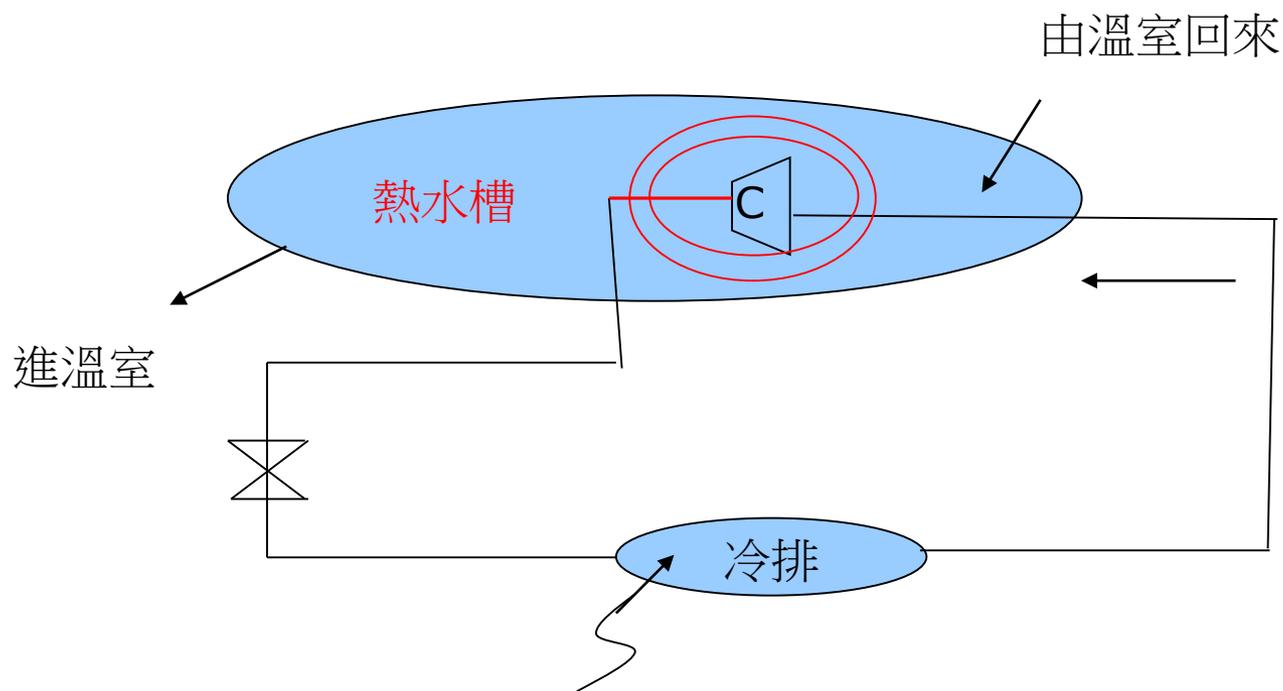
以地層土壤為熱源

要輸入3 kW能量對水體加熱，熱泵熱水器只耗電1kW，遠低於電熱水器所需的3 kW

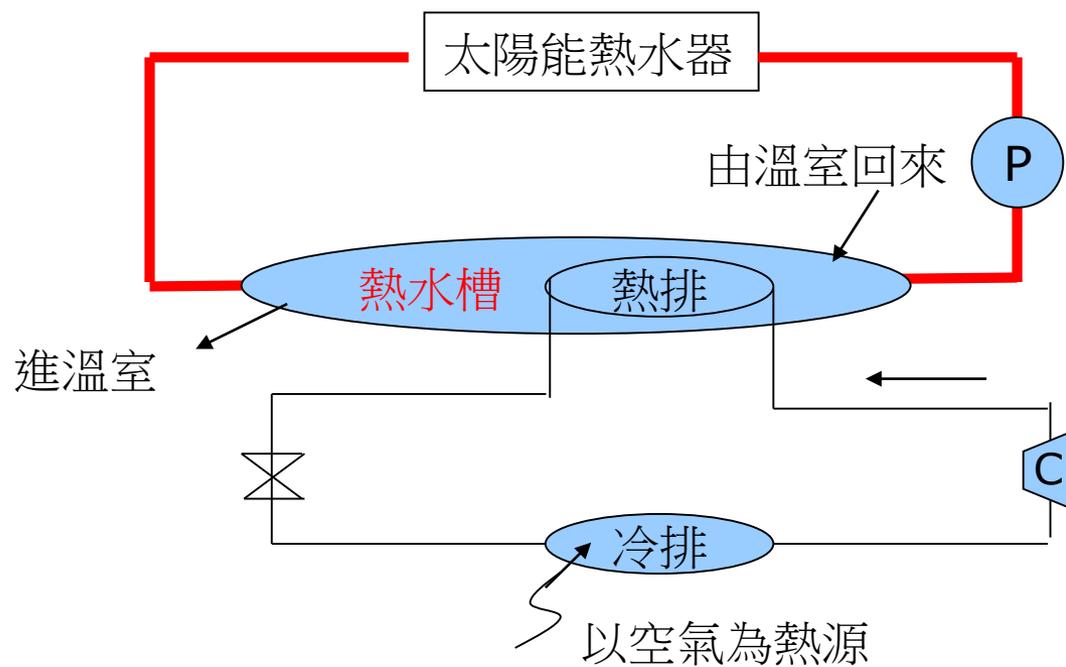


# 熱泵熱水器-2

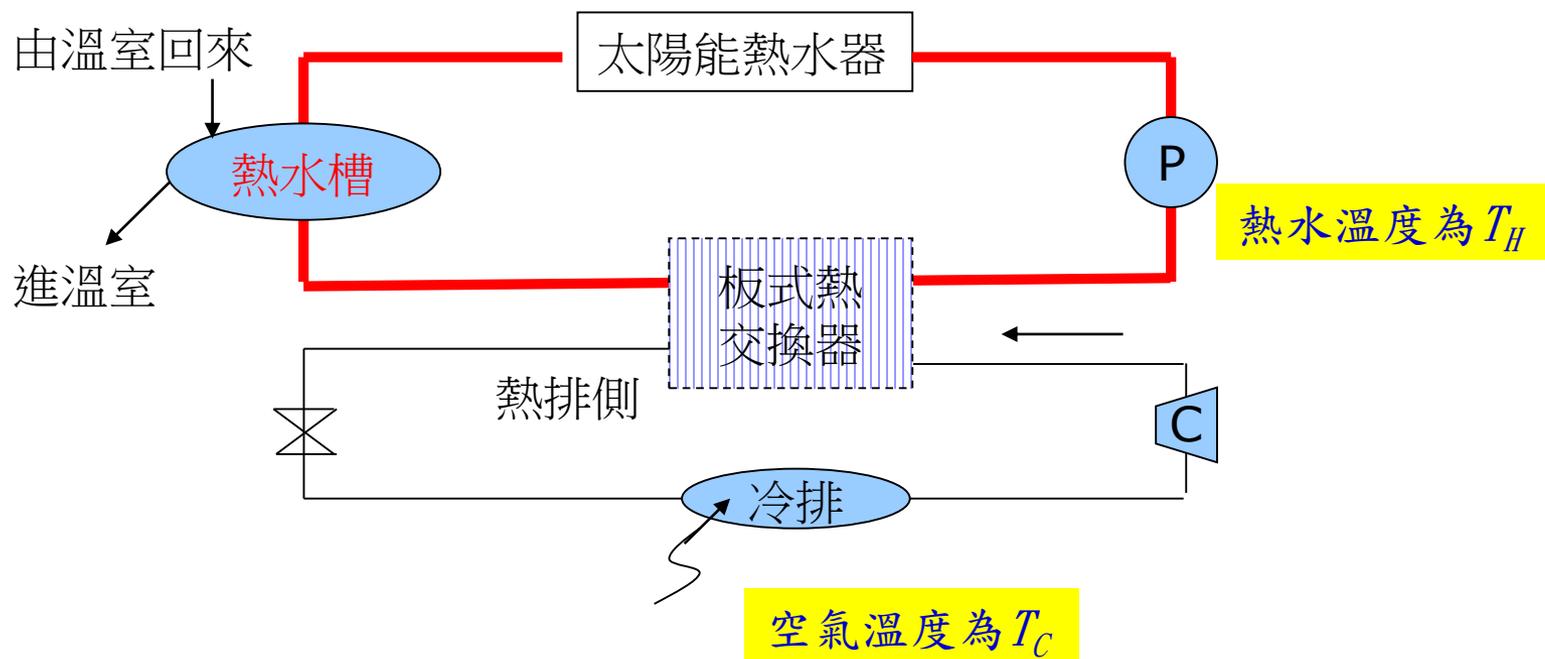
壓縮機與熱排都在水槽中



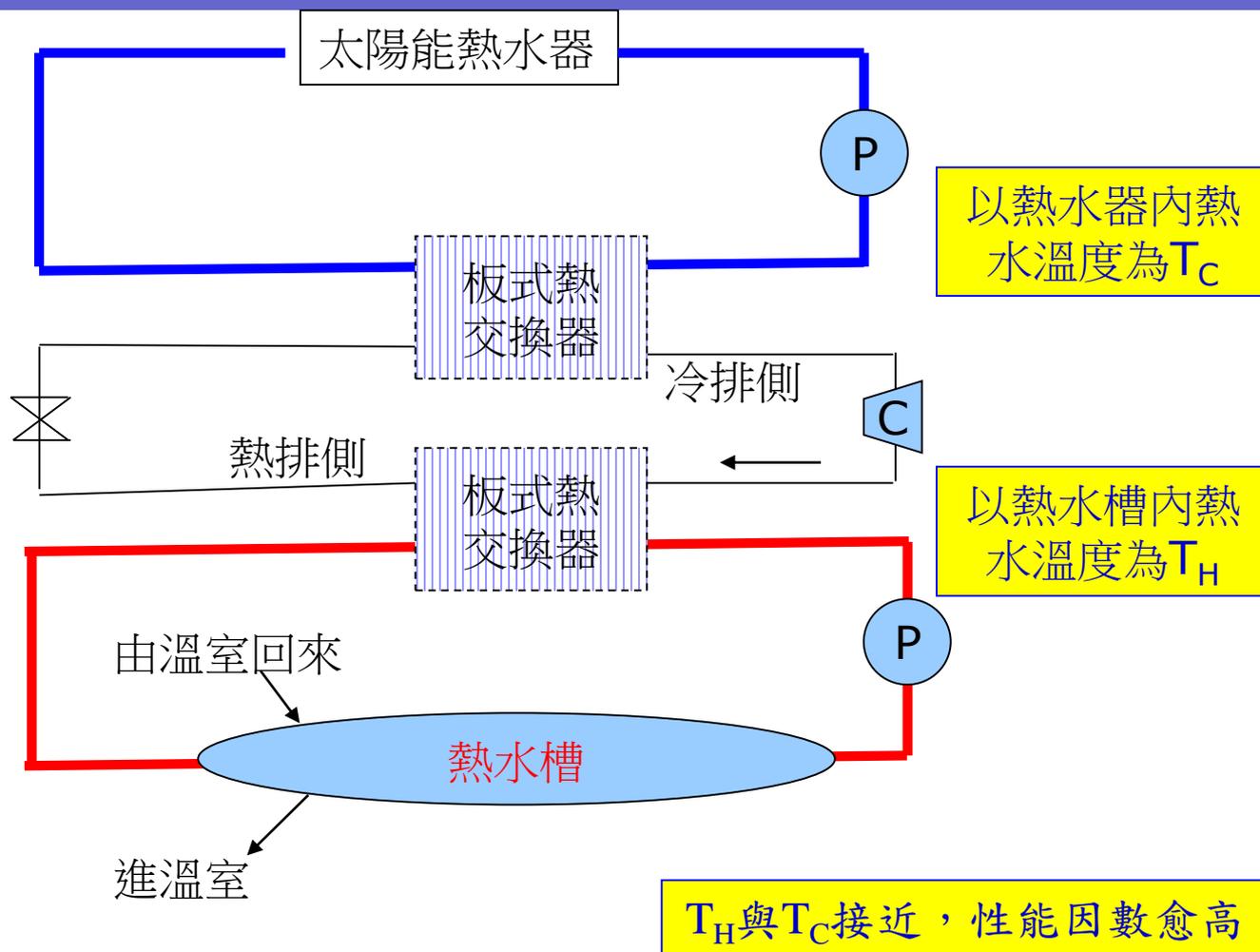
# 熱泵輔助式太陽能熱水器



# 雙熱源式熱泵熱水器

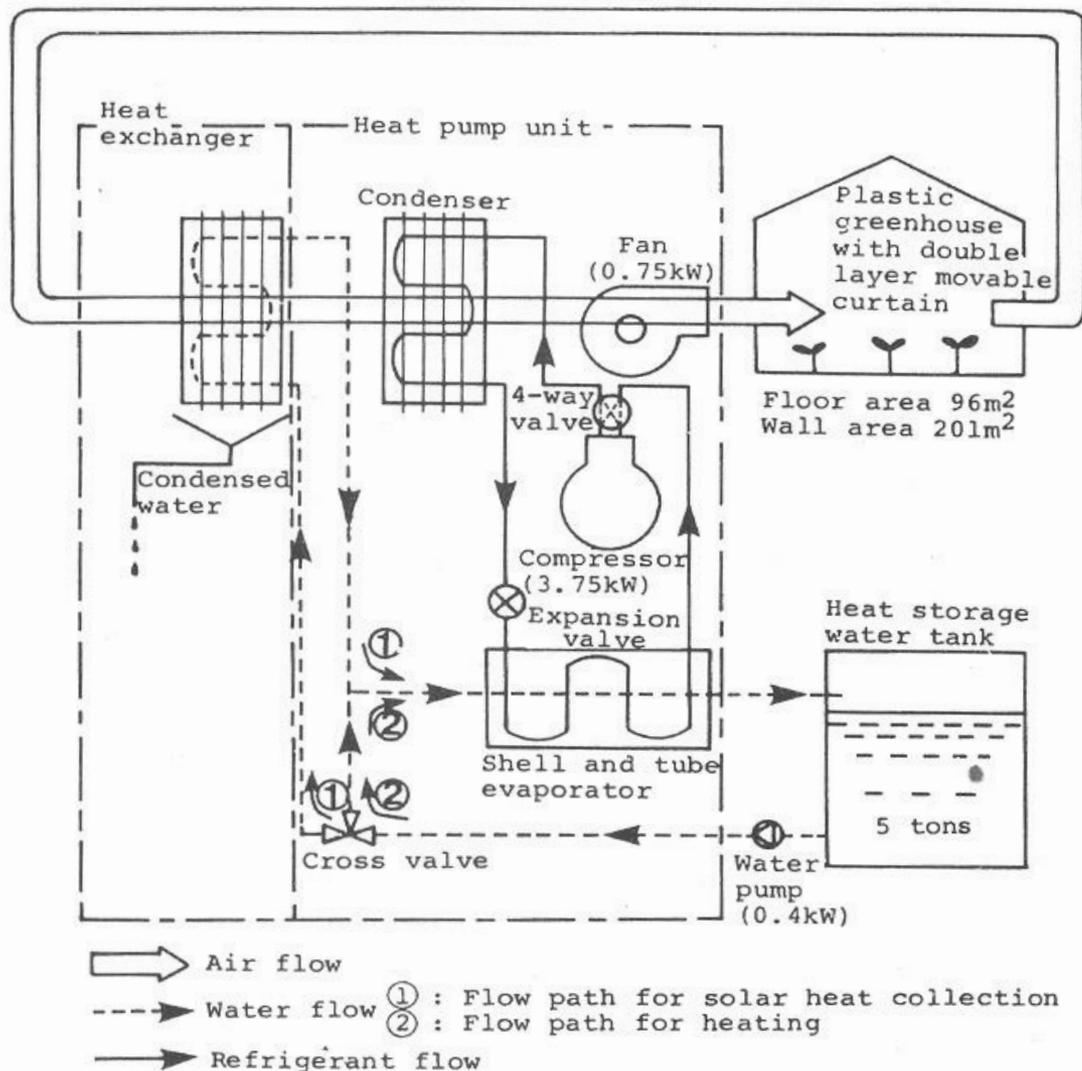


# 高效能雙熱源式熱泵熱水器



# 冷水或熱水的單效系統應用例

# 使用白天收集的溫熱水為熱源的設計 (日本)



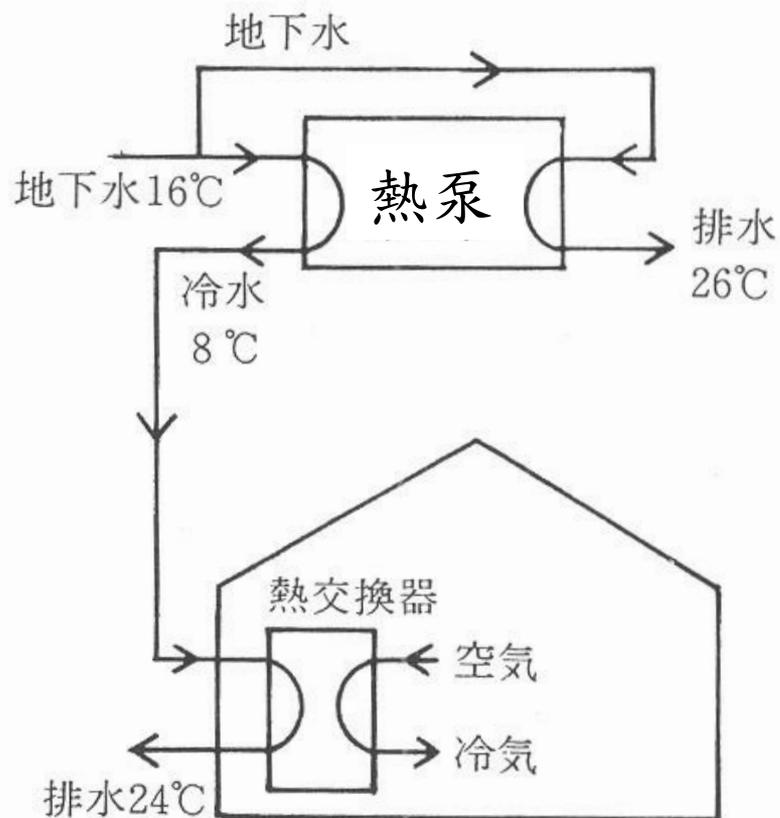
## ● 白天

- 收集熱空氣
- 以水為熱庫
- 產生溫熱水

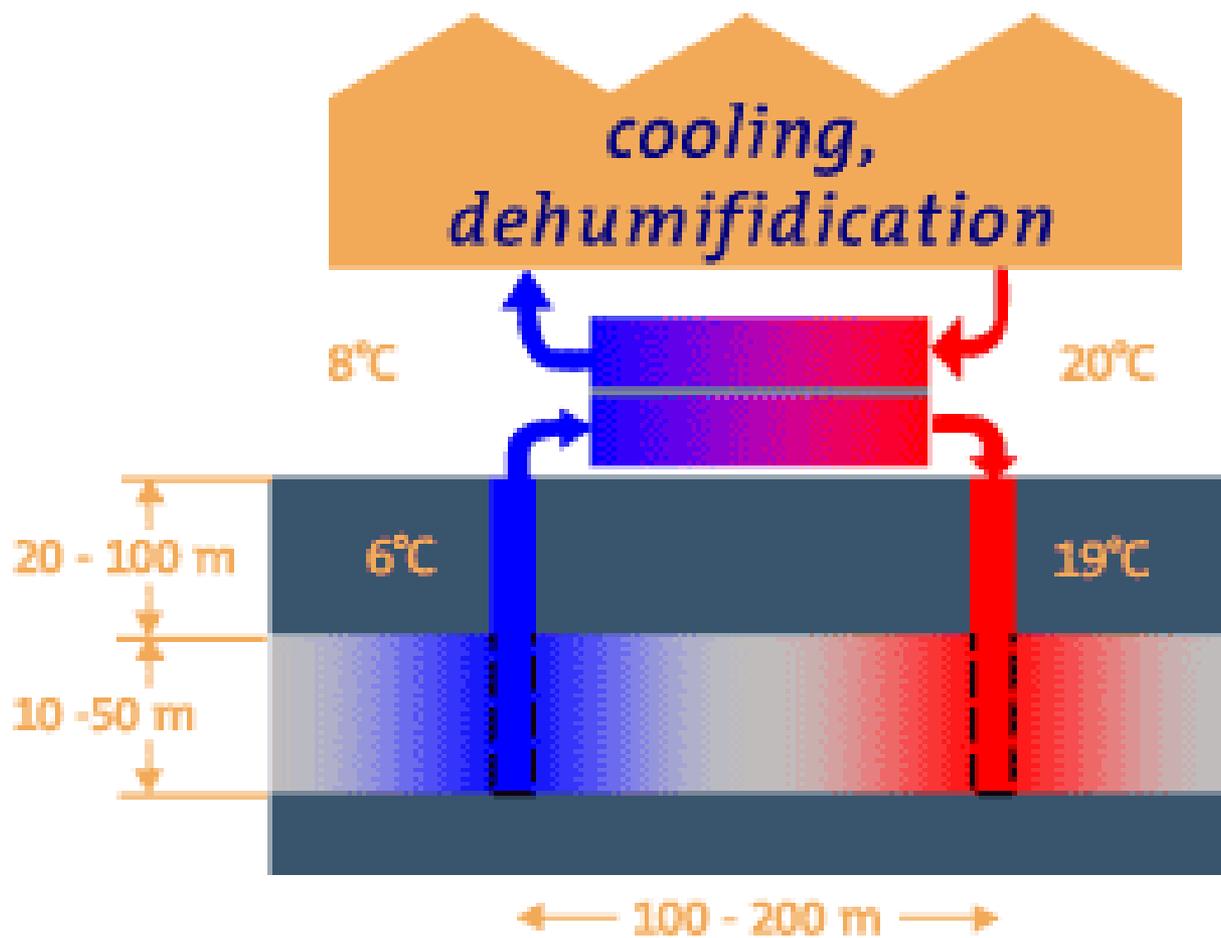
## ● 夜間

- 以溫熱水為熱源
- 形成高效能熱泵

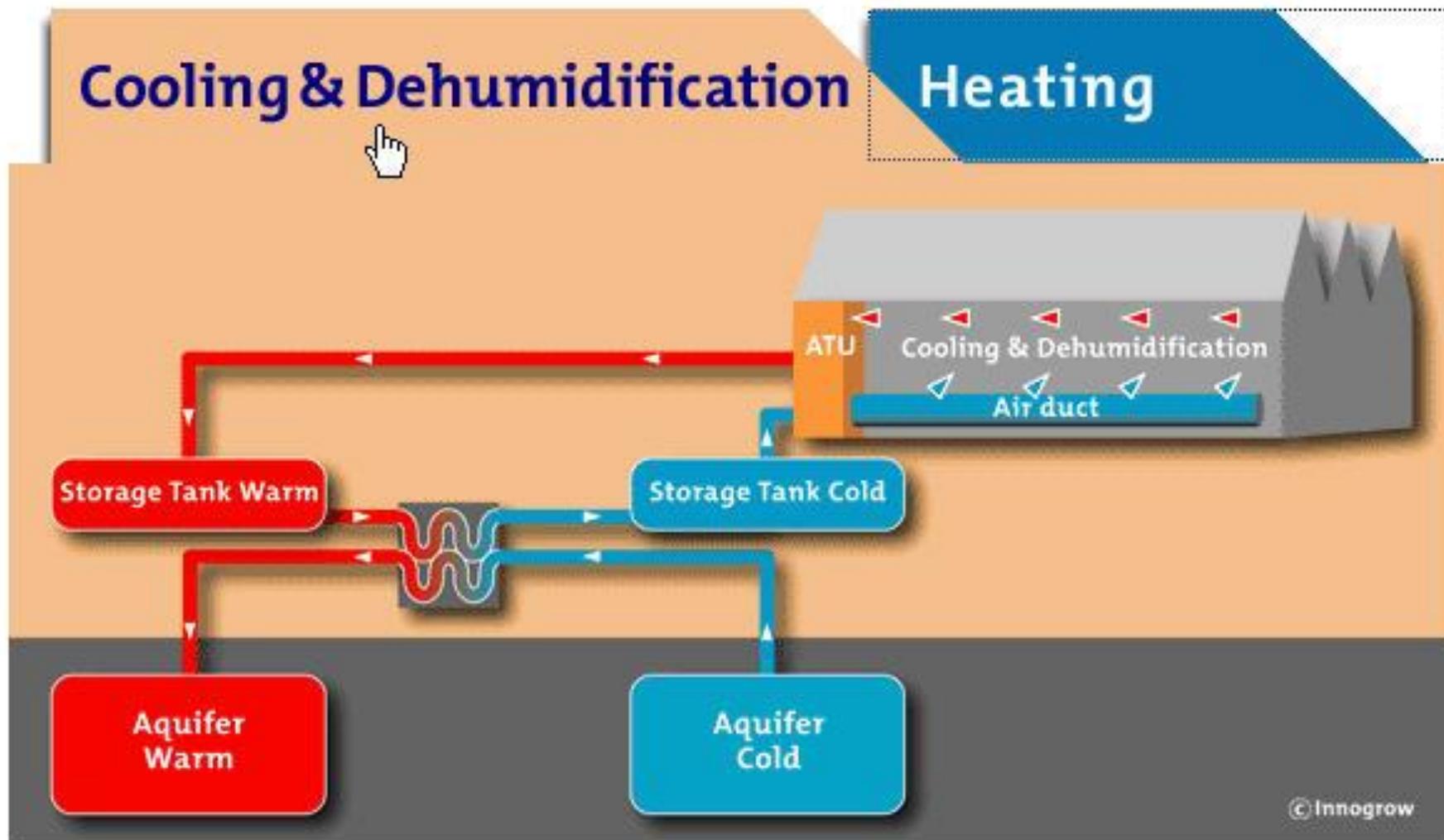
# 使用地下水為冷熱源的設計 (日本)



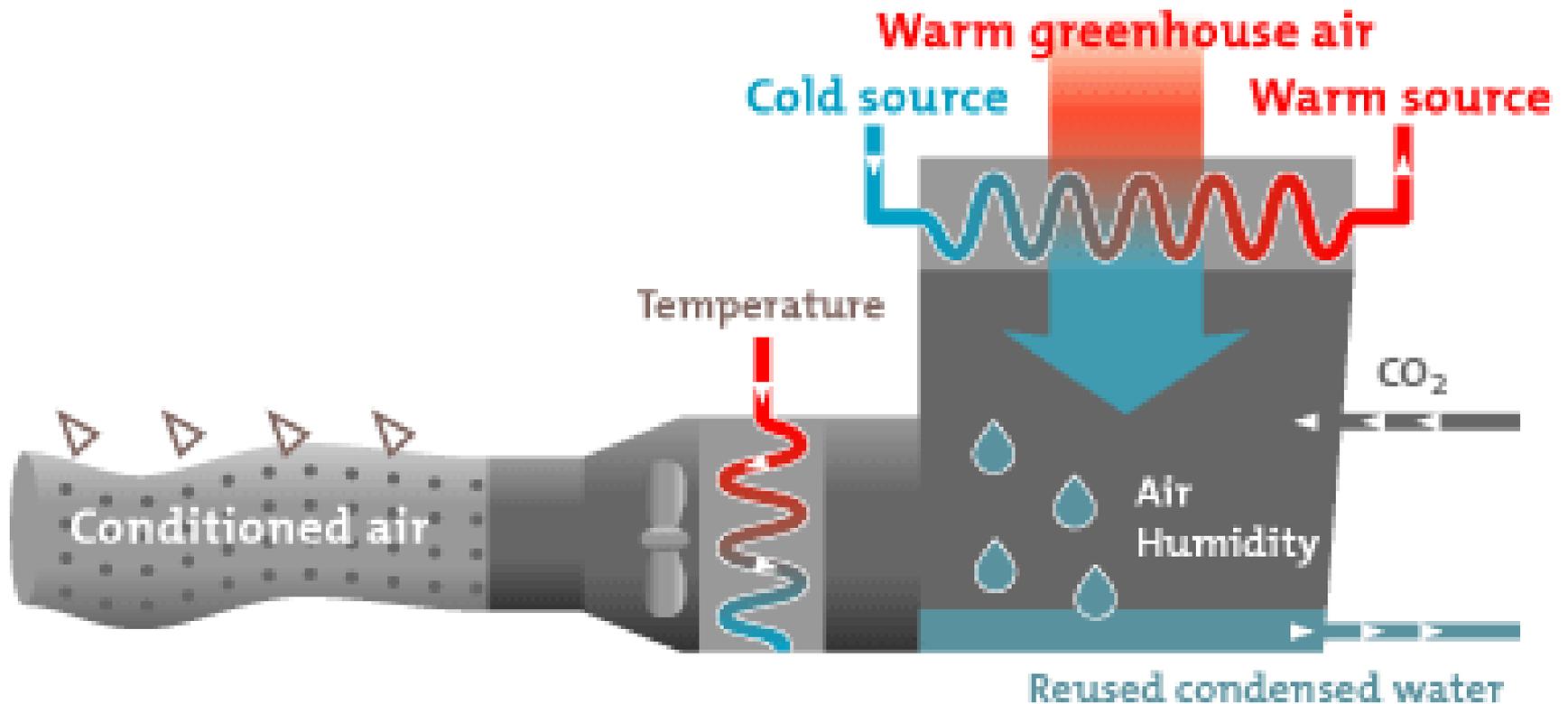
# 使用地底深層熱庫與冷庫的設計(荷蘭)



# 冷卻與除濕模式



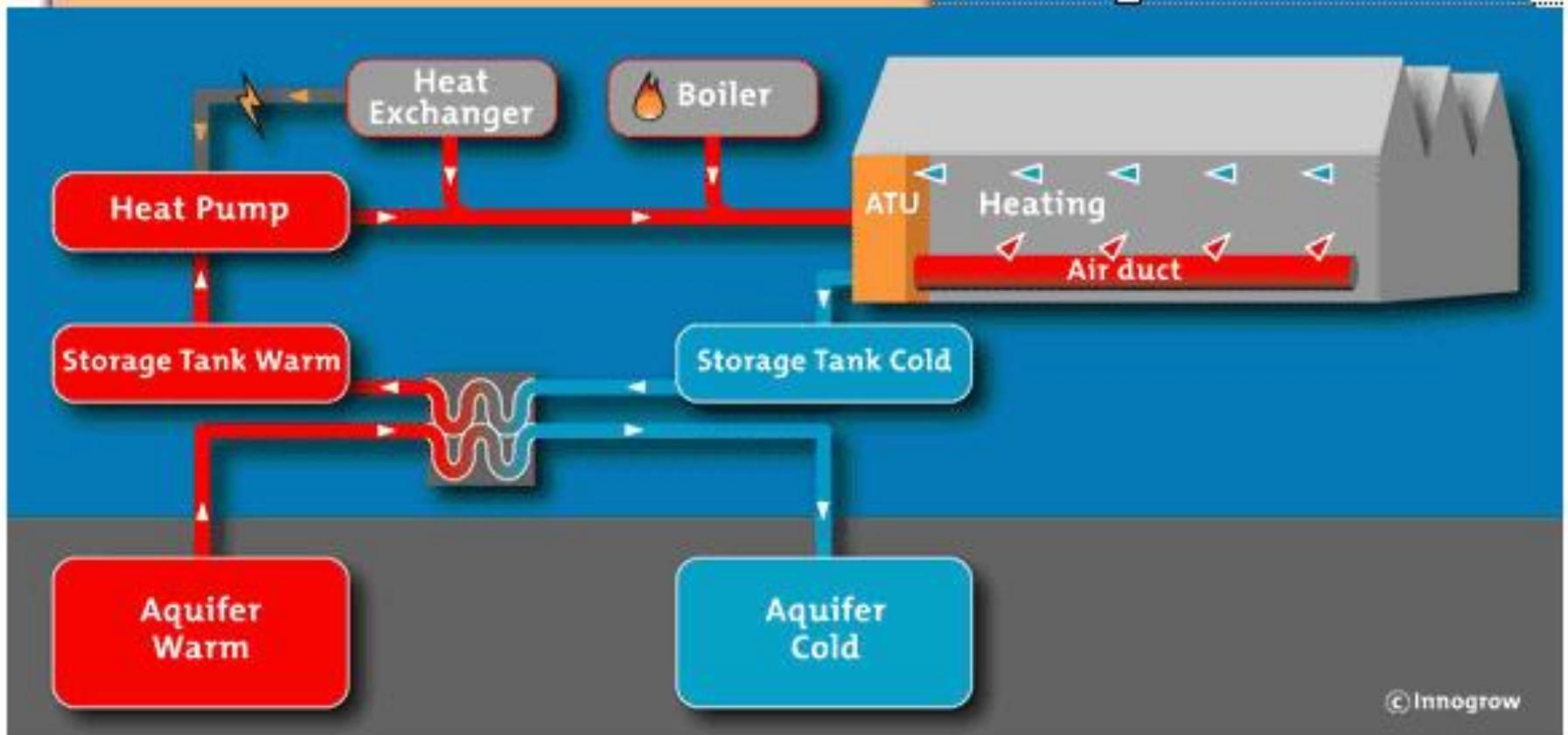
# Air Transfer Unit (ATU)



# 加熱模式

Cooling & Dehumidification

Heating



# 植床下風管

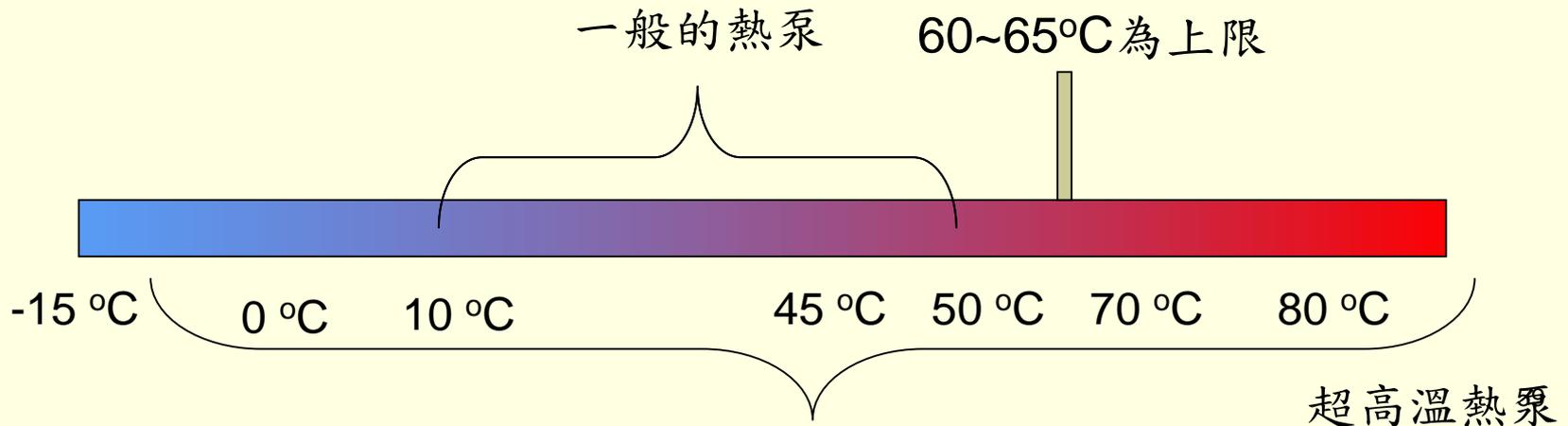


# 位於彰化溪州的番茄溫室



# 什麼是 雙效熱泵？

- 低溫區溫度夠低，允許其他應用
- 高溫區溫度夠高，允許其他應用
- 低溫區與高溫區允許同時應用
- 低溫區與高溫區允許儲存兩者或任一者以待後續之應用

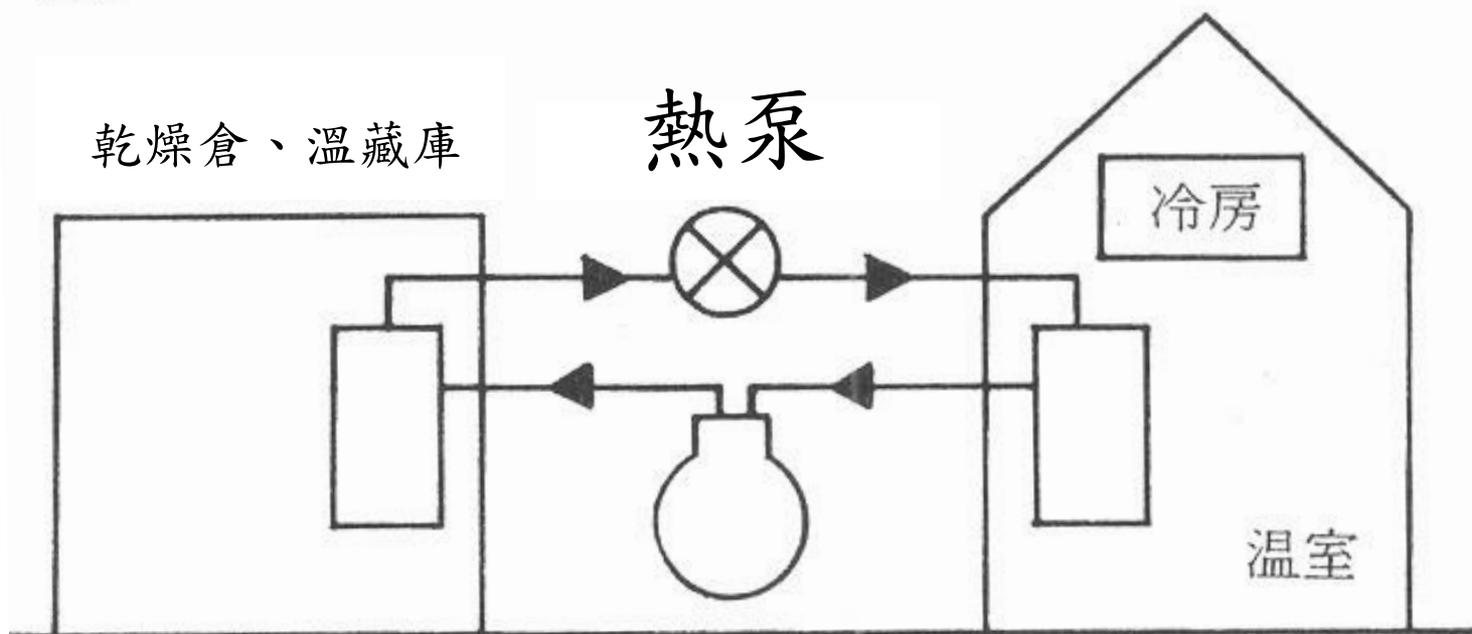


# 雙效熱泵 淺顯的說法

- 可製造熱水的冷氣機
- 可提供冷氣的熱水機
- 可同時供應冷能與熱能的設備（冷水/冷氣/熱水/暖氣）

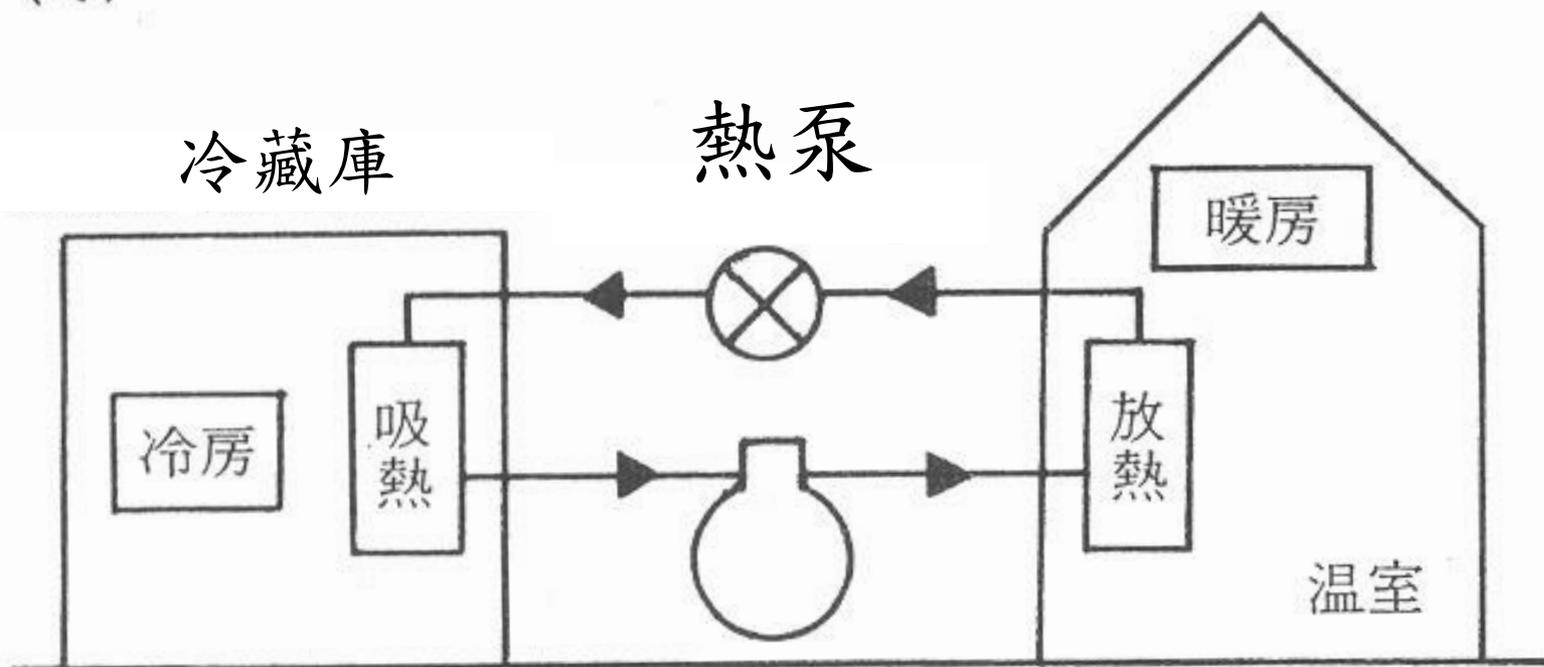
# 冷暖氣雙效系統

(夏)



# 冷暖氣雙效系統

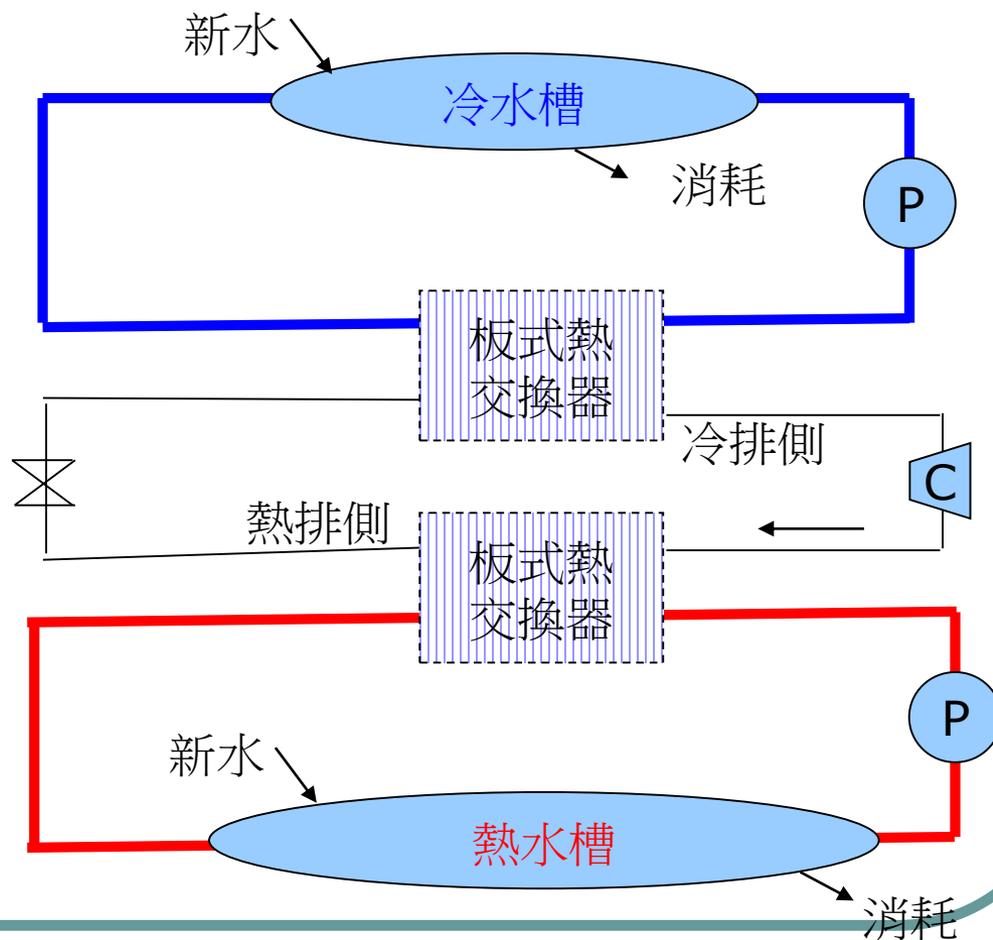
(冬)



# 冷熱水雙效系統

**冷水** 提供組培室、辦公室與冷藏空間所需的冷氣

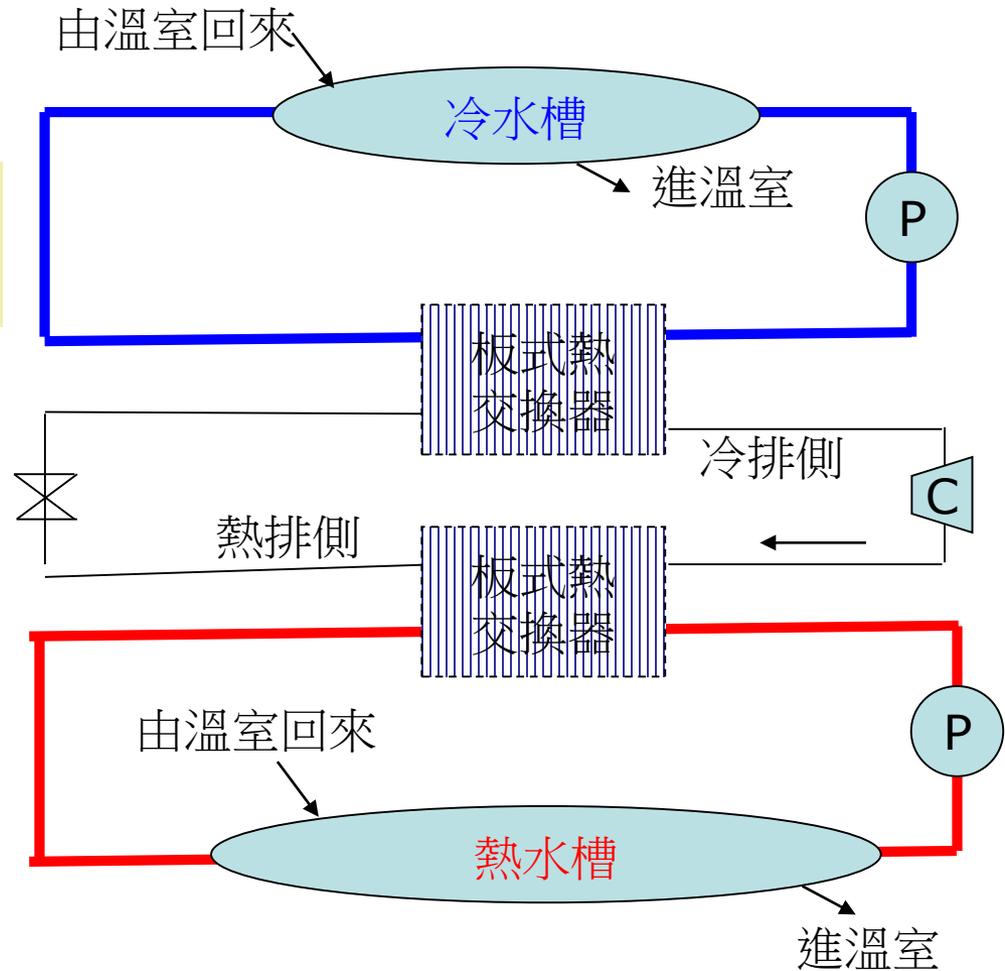
**熱水** 提供夜間加溫，洗澡所需熱水與組培室高壓滅菌鍋爐所需蒸氣之預熱



# 冷熱水雙效系統應用於 催花溫室與除濕

冷水提供催花溫室降溫與  
冷藏室降溫

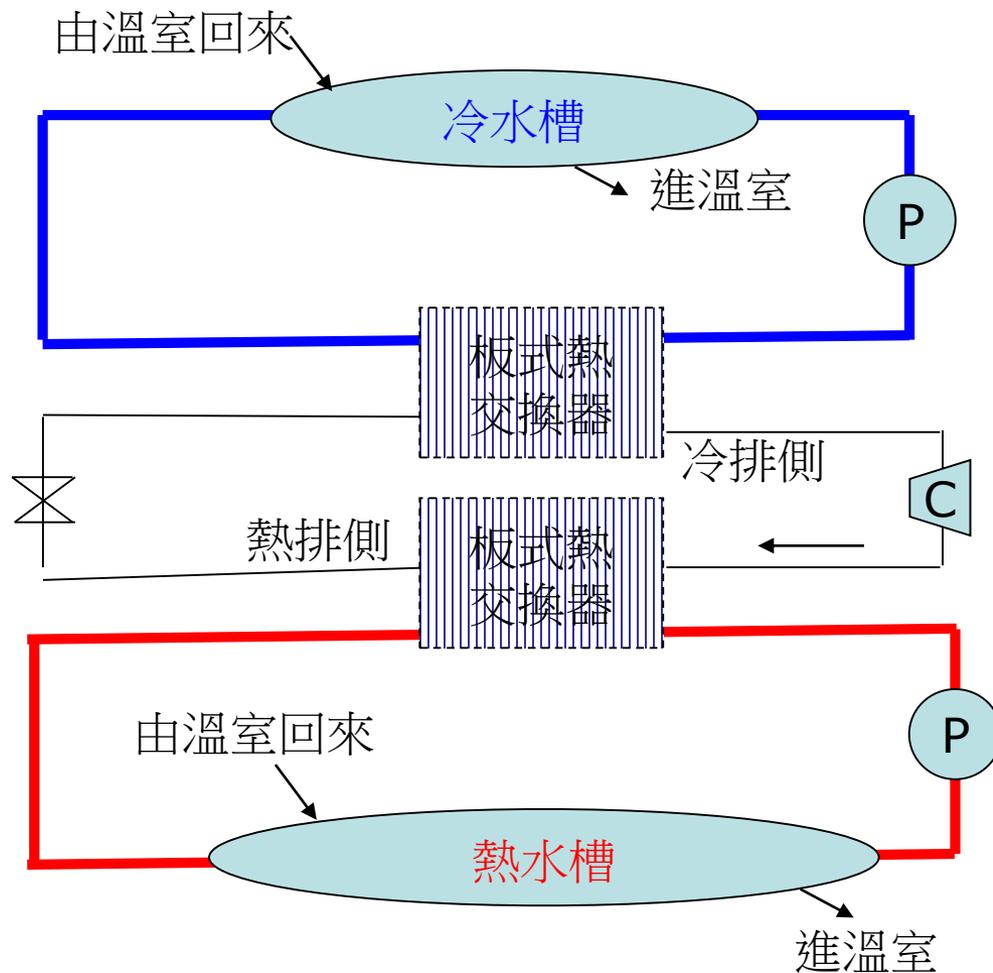
冷水與熱水併用  
提供溫室除濕



# 冷熱水雙效系統應用於 抑梗溫室與除濕

冷水與熱水併用  
提供溫室除濕

熱水提供抑梗溫室與溫  
室除濕



雙效空調熱泵的

產業應用

# 冷熱水/冷暖氣 應用產業

■ 熱水 → 洗頭、洗澡

■ 冷水 → 冷氣

■ 熱水 → 三溫暖熱水池

■ 冷水 → 三溫暖冷水池

美髮業

飯店/民宿業

宿舍

溫泉業

SPA業

溫水游泳池

其他

# 可廣泛使用在有冷熱需求的各種產業

農業與食品業



工業製程



製藥業



養殖類



MEHP 高效率多效熱泵

溫泉/養生/足浴/醫院



建物類



酪農業



# 在蝴蝶蘭產業的應用：催花+抑梗

## ■ 同步使用 **冷**、**熱** 能

- 蝴蝶蘭催花溫室  
(台灣 日/夜溫25/18 °C；荷蘭19 °C)
- 蝴蝶蘭抑梗溫室 (不低於 28 °C)
- 蝴蝶蘭栽培溫室 (保溫與加溫)

# 高度 3.5 ~ 4 m 的溫室代表

## ■ 皇基公司 (750 坪)

- 催花溫室 300 坪，供冷與供暖 (送風機 20 台)
- 抑梗溫室 450 坪，供暖 (送風機 20 台)
  
- 製冷 80 USRT → 3.75 坪 / USRT
- 製熱 80 x 1.2 USRT → 7.8 坪 / USRT  
+ 燃油加溫機



80 USRT (4 x 20 USRT) + 冷、熱水桶



1000m<sup>2</sup>蝴蝶蘭催花溫室



1500 m<sup>2</sup> 蝴蝶蘭抑梗(加熱)溫室

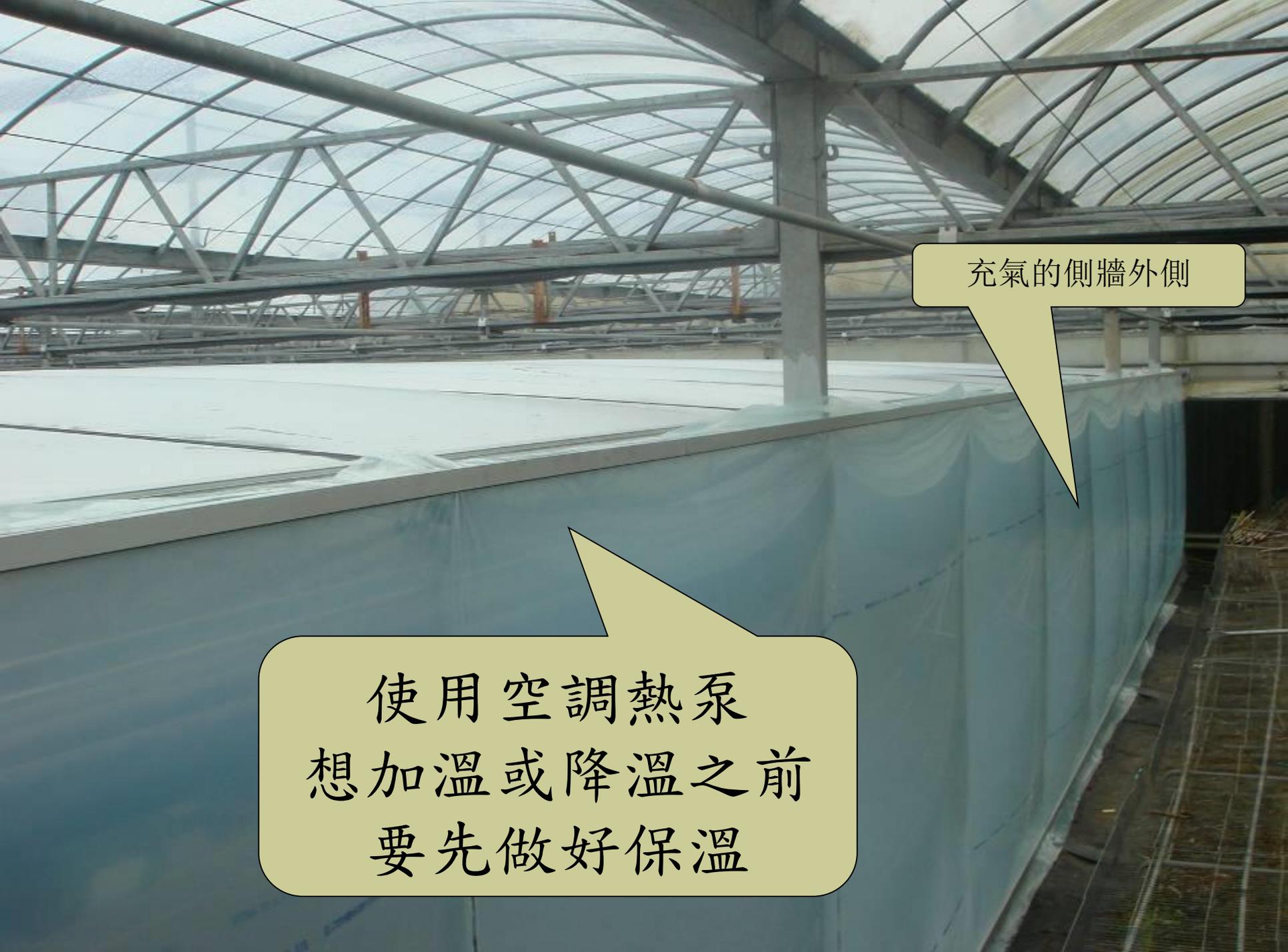
# 越冬抑梗栽培

- 日本市場要求五葉一心的大苗，此大苗需要超過一年以上的栽培期才能達成，所以一定會經過一個冬季。

## 抑梗溫室

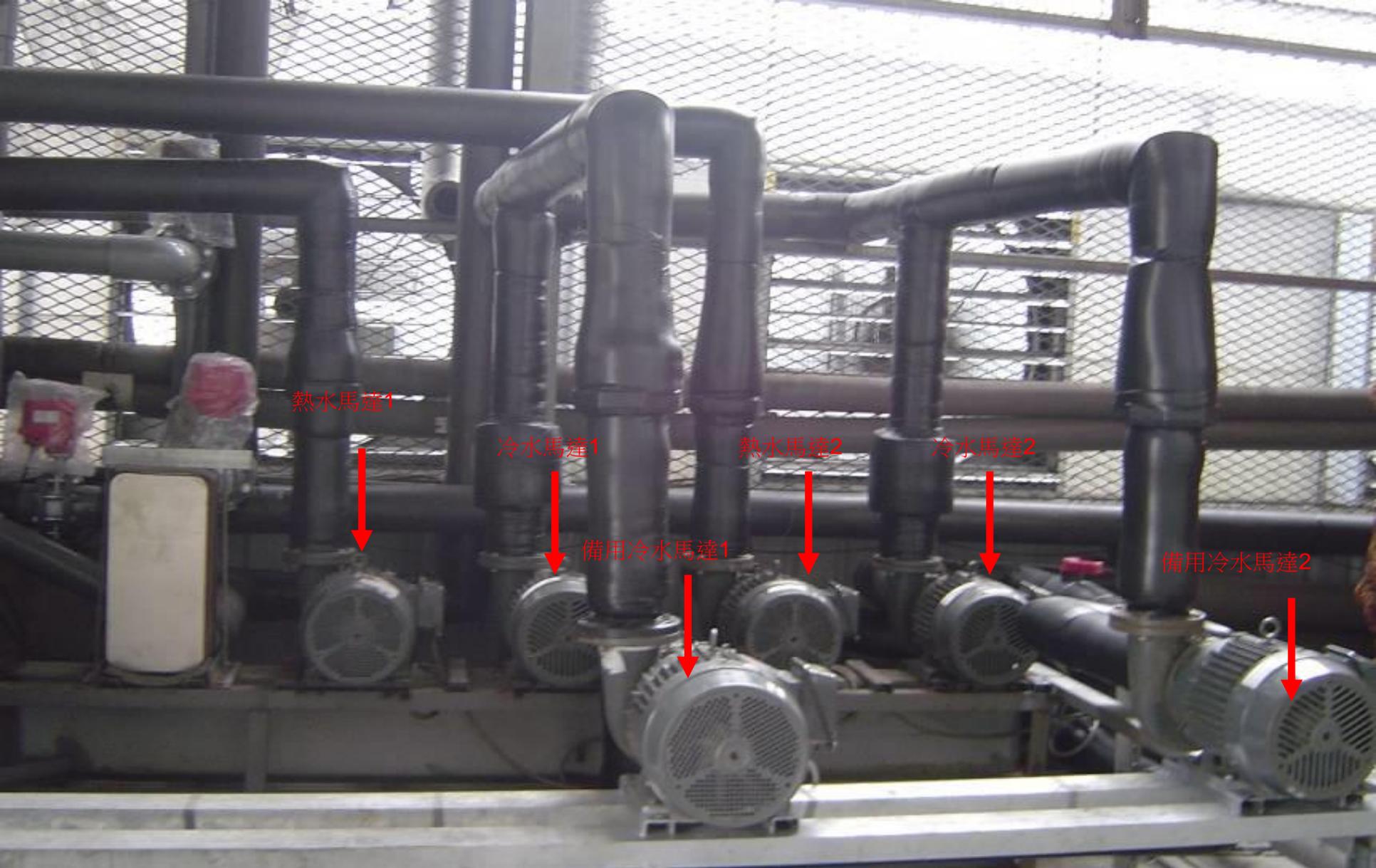
- 溫室內必須經年維持在28度C以上。台灣的天候雖屬亞熱帶地區，但本島平地地區往往八月份就需開始加溫。



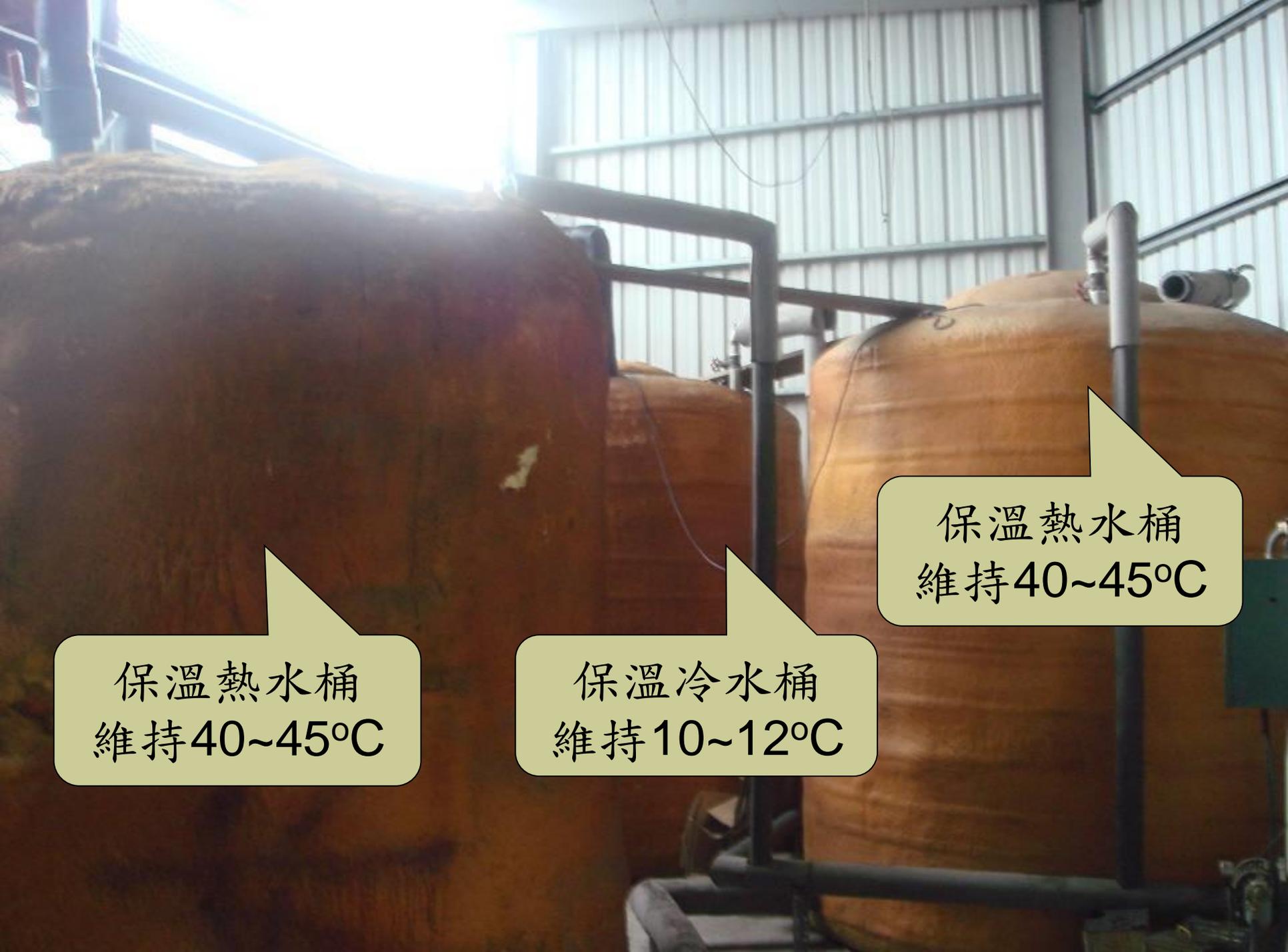


充氣的側牆外側

使用空調熱泵  
想加溫或降溫之前  
要先做好保溫



冷熱水抽水馬達



保溫熱水桶  
維持40~45°C

保溫冷水桶  
維持10~12°C

保溫熱水桶  
維持40~45°C



保溫儲水桶

# 屋簷高度 6 m 或以上的溫室代表

## ■ 育品公司 (9000 坪)

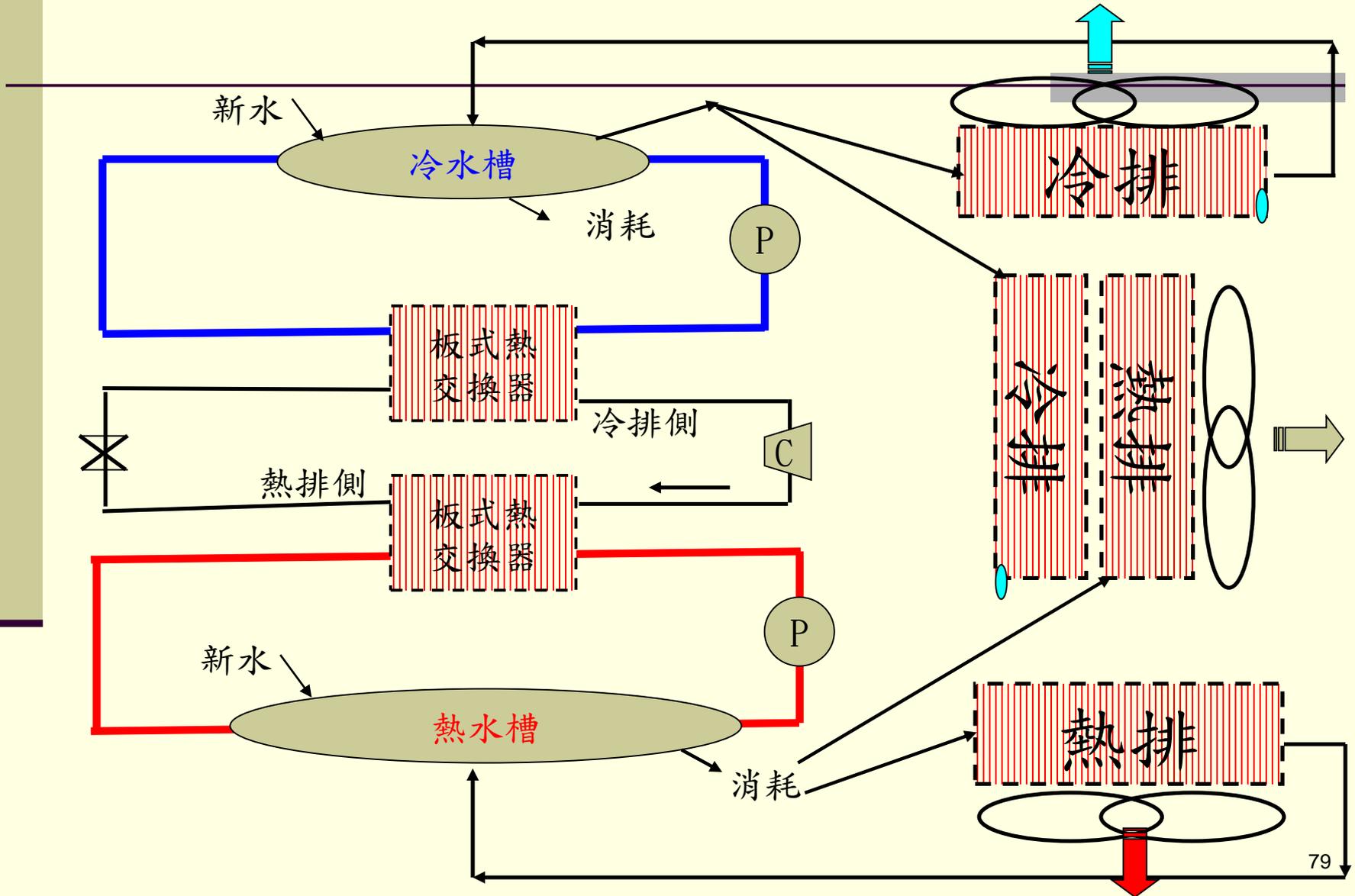
- 催花溫室 1200 坪 → 2400 坪 (送風機200台)
- 栽培溫室 7800坪 → 6600坪 (熱水管)
- 製冷 2台 200 USRT → **6 坪 / USRT**
- 製熱 2 x 200 x 1.1 USRT → **15 坪 / USRT ( ? )**

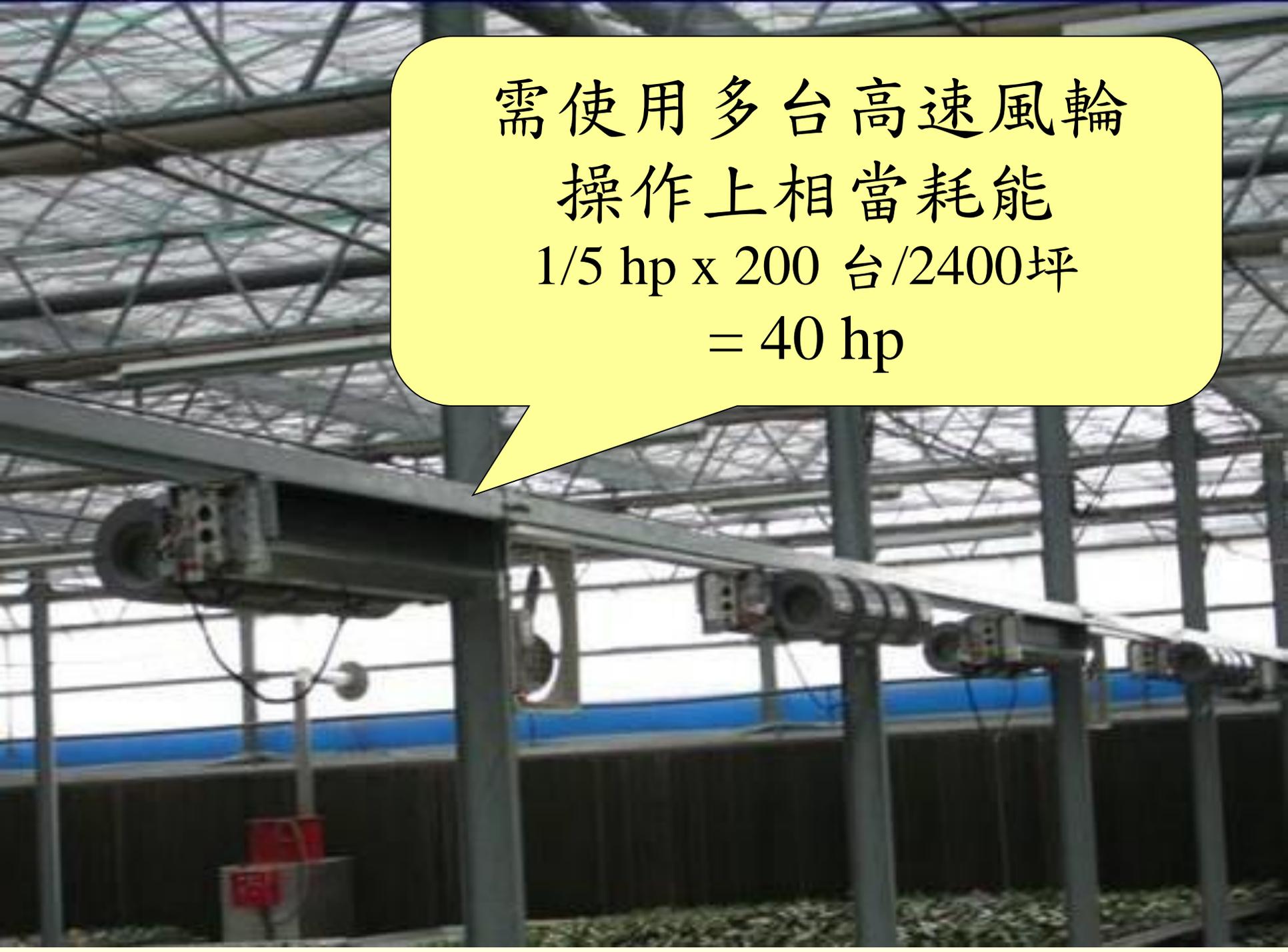
# 不同高度的催花溫室

## 溫度管理策略之差異

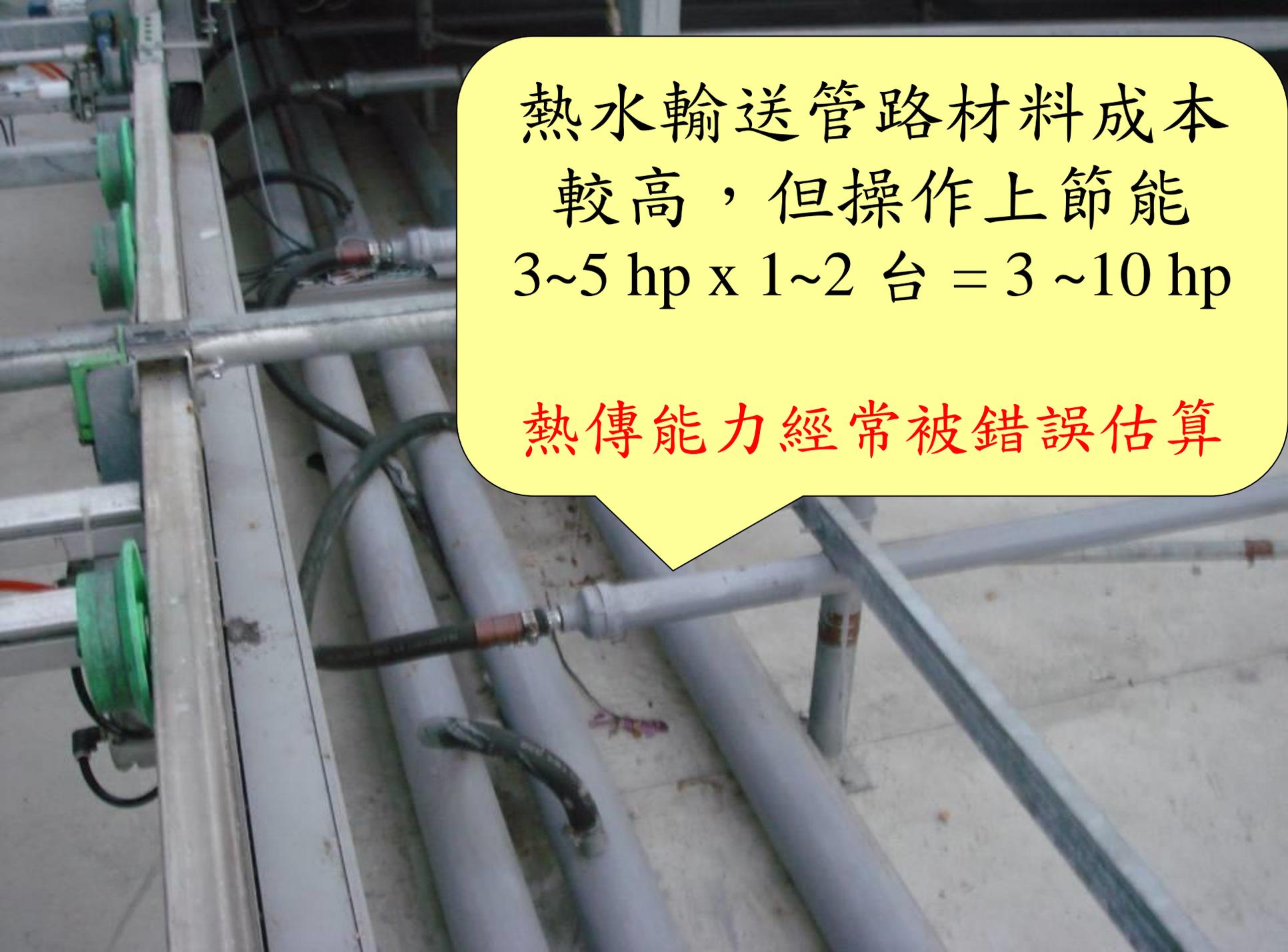
溫室高度	白天降溫設備	夜間降溫設備 (離峰電力)	優點	缺點
低	冷氣 3.75坪/USRT	冷氣		
高	風扇 水簾	冷氣 4 pm~7 am 6坪 / USRT	熱泵噸數可大幅減少。操作成本可大幅降低	白天較難維持25度C，抽梗率降低與花朵品質可能受損

# 冷水/冷氣/熱水/暖氣/除濕 五效系統





需使用多台高速風輪  
操作上相當耗能  
 $1/5 \text{ hp} \times 200 \text{ 台} / 2400 \text{ 坪}$   
 $= 40 \text{ hp}$

The background image shows a complex industrial setup with various pipes, valves, and machinery. A prominent feature is a large, light-colored cylindrical component, possibly a heat exchanger or a large pipe, running horizontally across the middle. To the left, there are several green rollers or pulleys mounted on a metal frame. The overall scene is a technical or engineering environment, likely related to the text about heat transfer and energy costs.

熱水輸送管路材料成本  
較高，但操作上節能  
 $3\sim 5\text{ hp} \times 1\sim 2\text{ 台} = 3\sim 10\text{ hp}$

熱傳能力經常被錯誤估算

用這種方式供應冷氣或暖氣  
才是最節能且最省錢的設計



**Water flow of 152 L/min**  
**Air flow rate 218 m<sup>3</sup>/min**

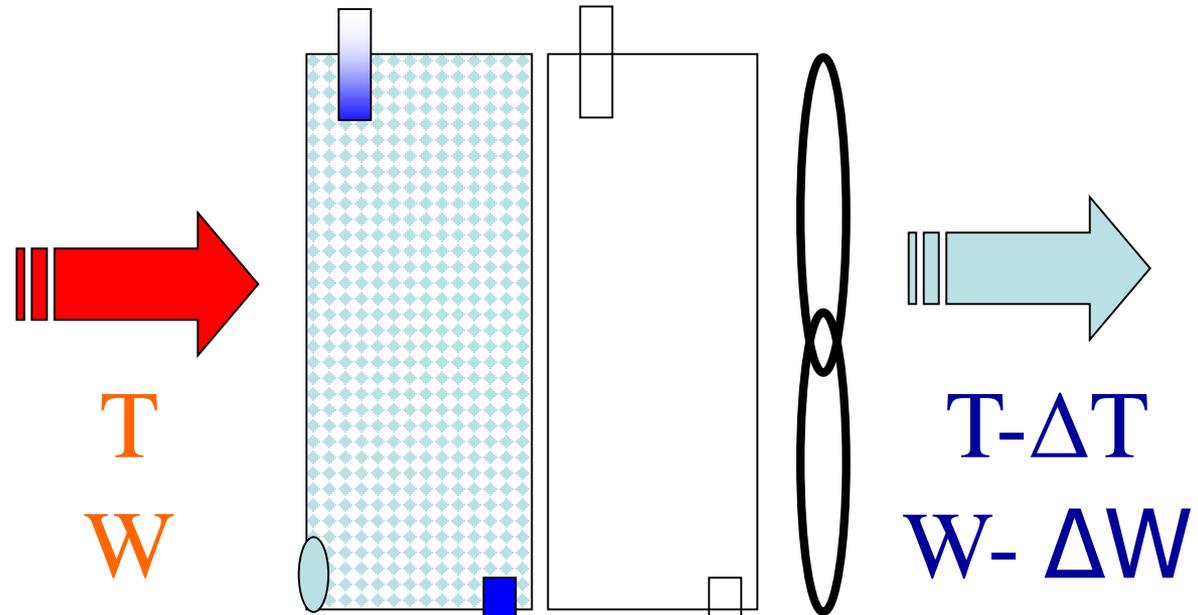
**Heat exchange rate:**

**Watts = 3165 \* entering temperature  
difference**

MODEL GLW660S

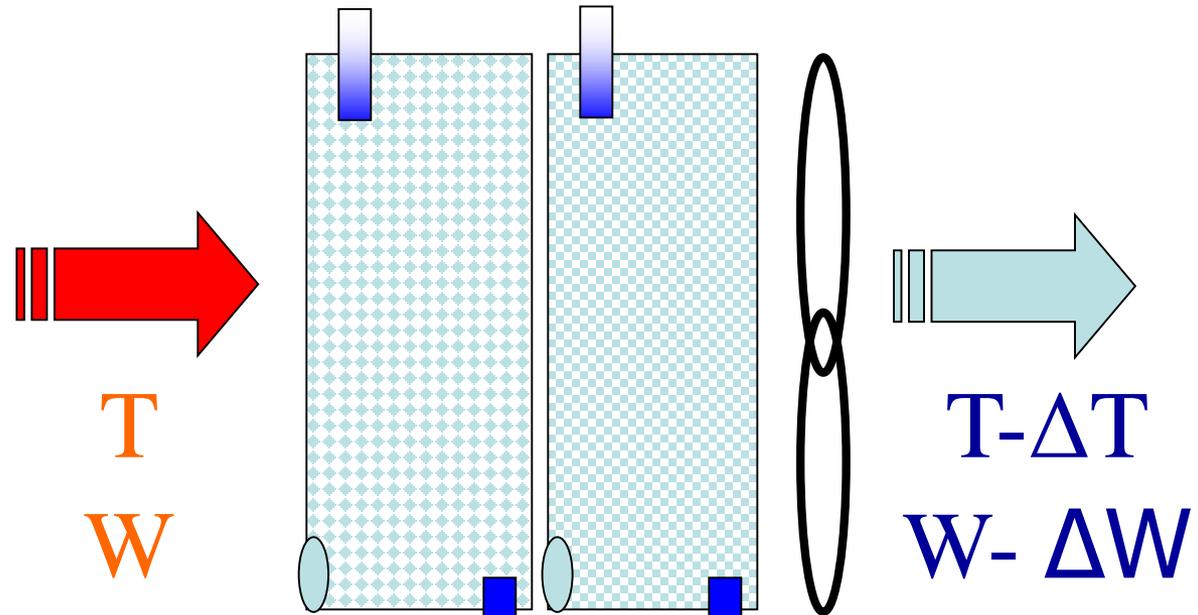


# Two stage heat exchanger



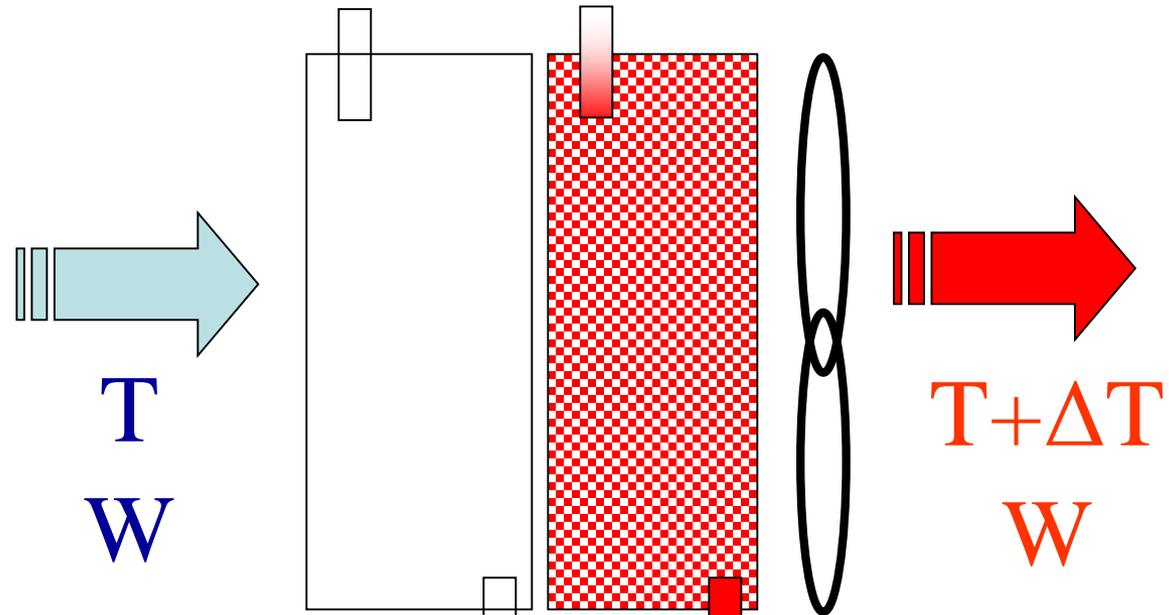
降溫模式	冷水	
加熱模式		
除濕模式		

# Two stage heat exchanger



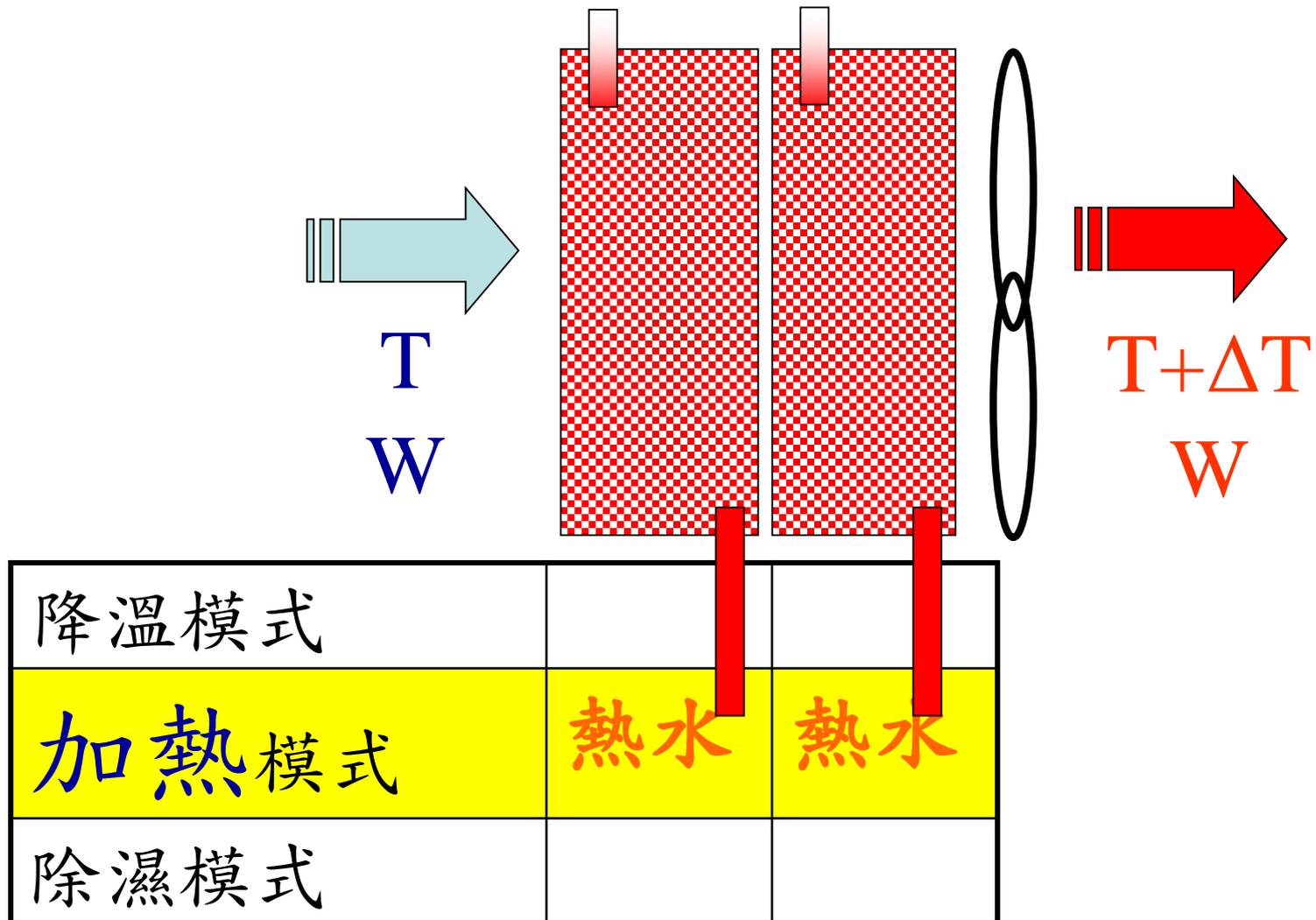
降溫模式	冷水	冷水
加熱模式		
除濕模式		

# Two stage heat exchanger

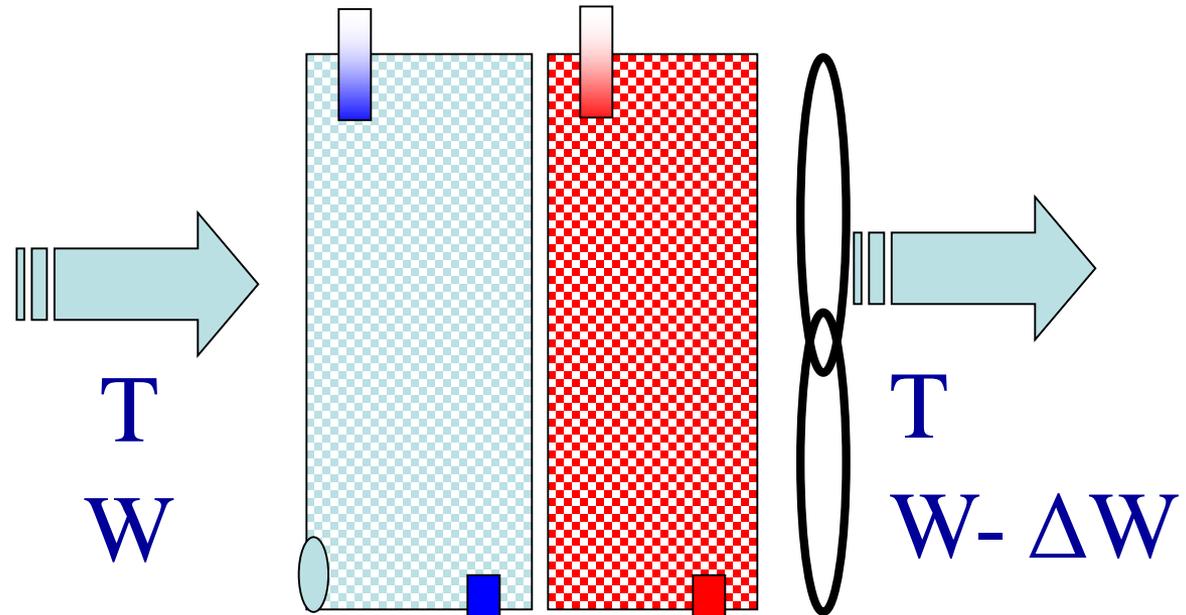


降溫模式		
加熱模式		熱水
除濕模式		

# Two stage heat exchanger



# Two stage heat exchanger



降溫模式		
加熱模式		
除濕模式	冷水	熱水

# 農業應用 - 園藝產業 環控栽培

---

- 同步使用 **冷**、**熱** 能

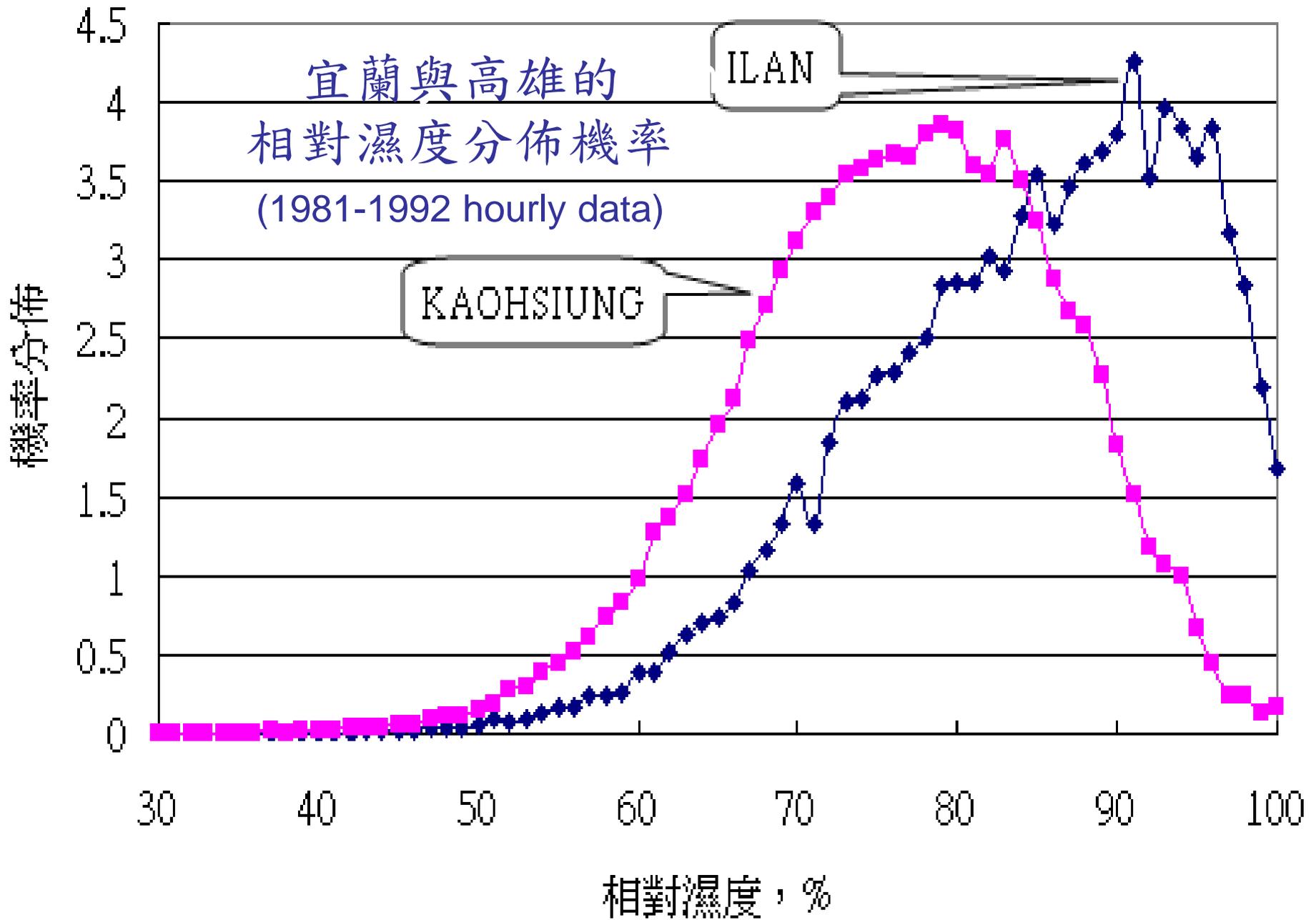
## 溫室除濕

除濕

高濕 + 停滯的空氣為萬病之源

加強內循環

宜蘭與高雄的  
相對濕度分佈機率  
(1981-1992 hourly data)



# 溫度影響濕度

- 所謂溫度指的是乾球溫度
- 所謂濕度通常指的是相對濕度
- 露點溫度則決定了是否會發生結露現象
- 當空氣的露點溫度高於物體的表面溫度，結露就會發生在該物體表面
- 溫室內部一結露，病害發生的機率就會大幅提高

# 溫室內的溫度與相對濕度

溫度 度C	最低濕度 (可啟動加 濕系統)	適當濕 度	最高濕度 (超過就容易 發生病蟲害)
15	-	50 %	73
20	46	64	80
25	60	73	86
30	70	80	89

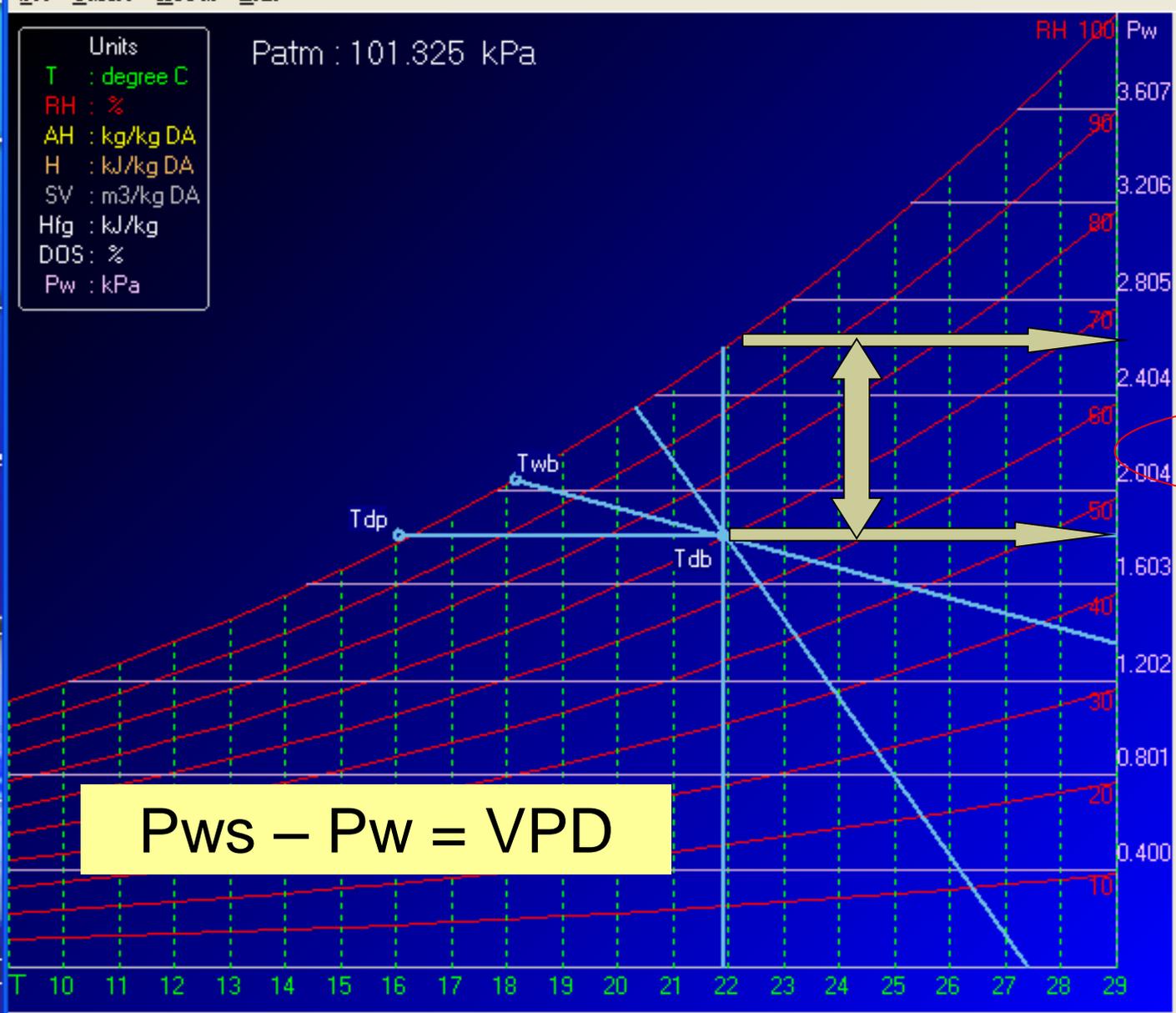
# VPD 是比較好的指標

Vapor Pressure Deficit

蒸汽壓差

- Units
- T : degree C
  - RH : %
  - AH : kg/kg DA
  - H : kJ/kg DA
  - SV : m3/kg DA
  - Hfg : kJ/kg
  - DOS : %
  - Pw : kPa

Patm : 101.325 kPa



State	Process	Pad	VPD
Tdb	21.95	degree C	
RH	69.95	%	
Twb	18.17	degree C	
Tdp	16.06	degree C	
AH	0.0115	kg/kg DA	
H	51.366	kJ/kg DA	
SV	0.8515	m3/kg DA	
Hfg	2447.89	kJ/kg	
DOS	69.39	%	
Pws	2.636	kPa	
Pw	1.844	kPa	

Message

In addition to Patm, you still need 2 properties to define a state.

Crosshair

Lines & Curves

- T
- RH
- AH
- Pw
- H
- SV

Misc.

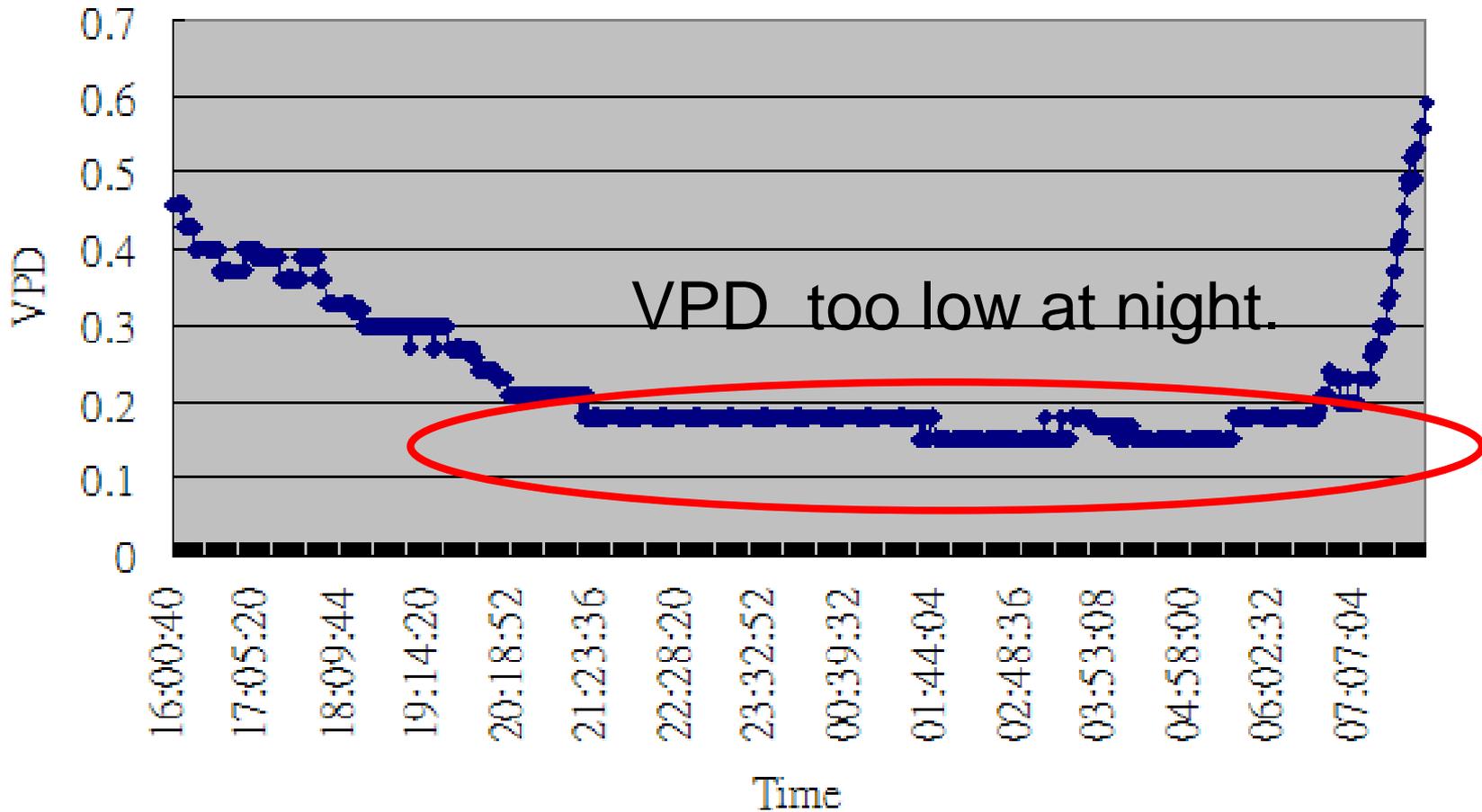
- Centralize
- Unit label

$P_{ws} - P_w = VPD$

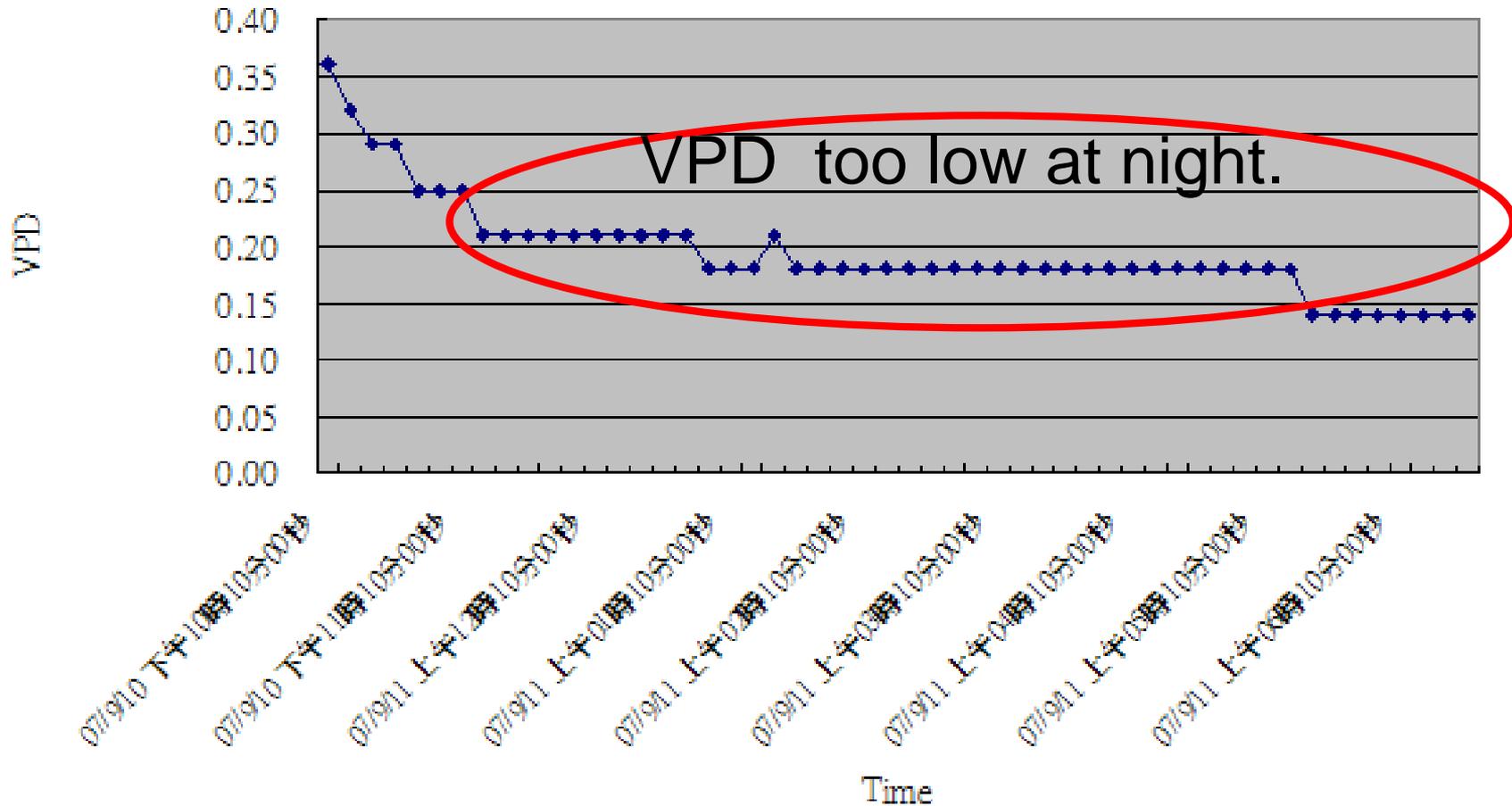
# 蒸汽壓差 (VPD)

<p>過大的 VPD值 (過熱且過 乾-可啟動 噴霧加濕系 統)</p>	<p>適當的 VPD值 (濕度適當 適合作物蒸 散)</p>	<p>低的VPD (適合病菌生存) (過冷與過濕- 可啟動加熱或 除濕系統)</p>	<p>過低的 VPD (適合病菌入 侵)</p>
<p>1.25 kPa</p>	<p>0.85 kPa</p>	<p>&lt; 0.45 kPa</p>	<p>&lt; 0.20 kPa</p>

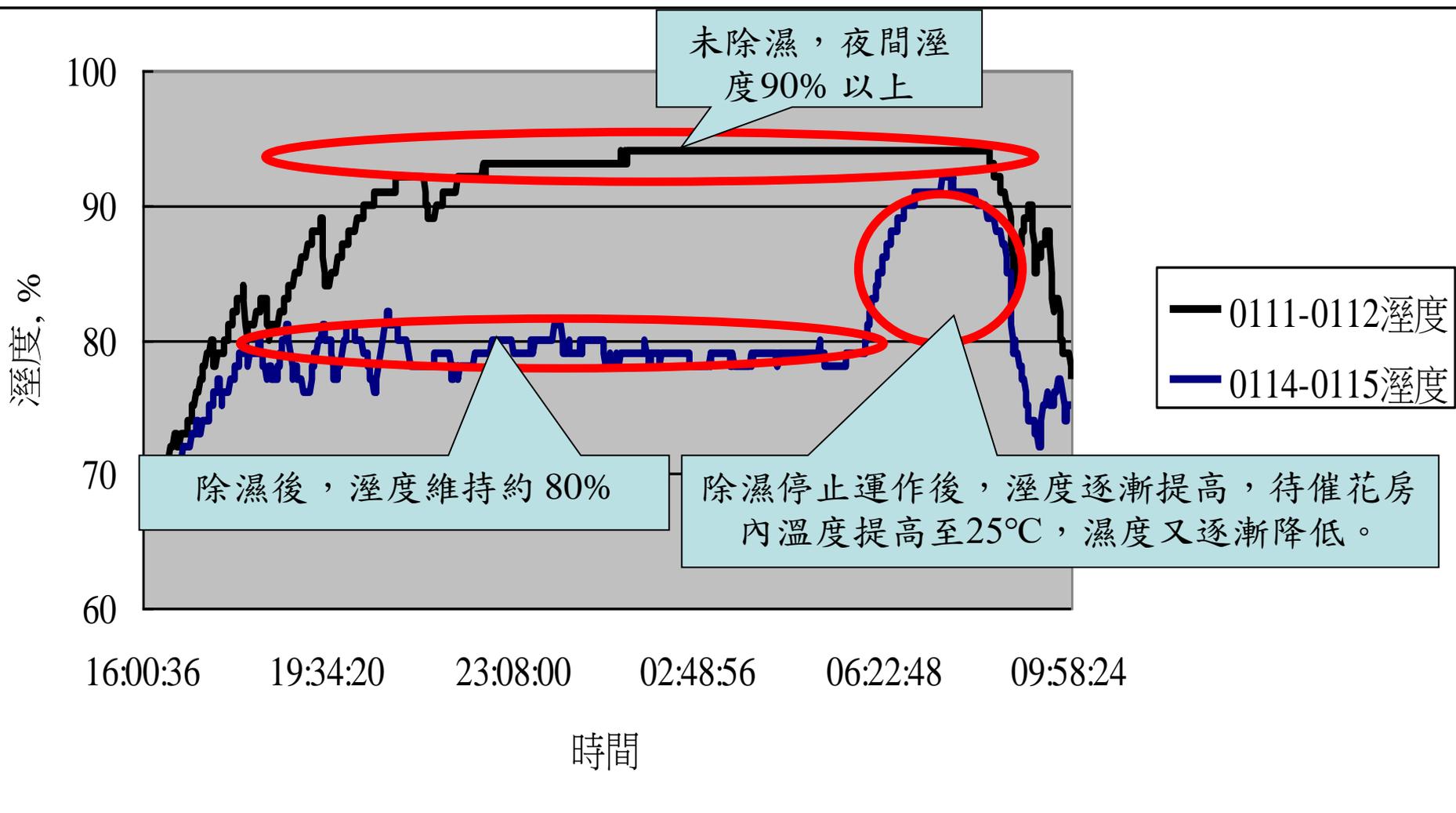
# 溫室A夜間量測的VPD



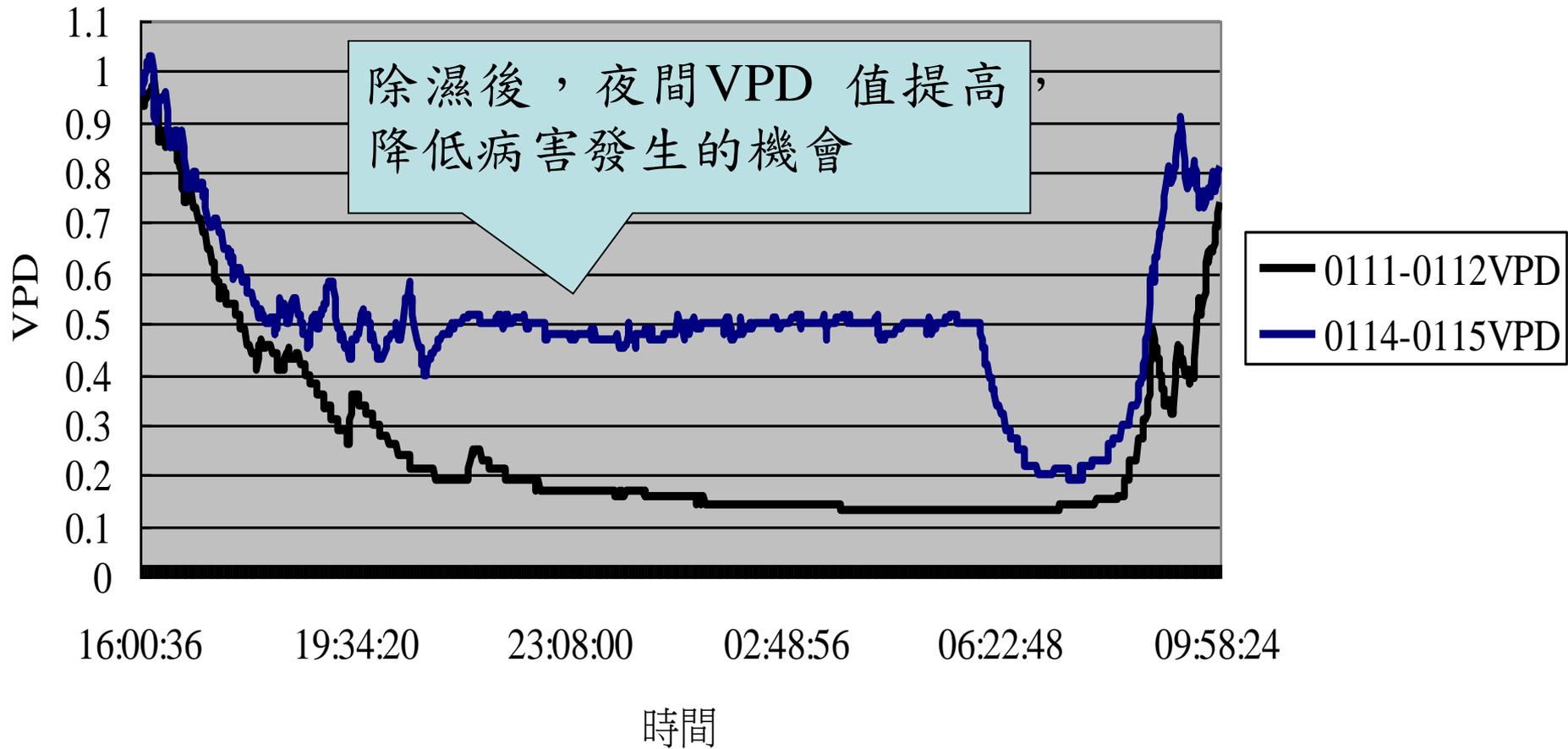
# 溫室B夜間量測的VPD



# 晚上6點至隔日早上6點 進行除濕



# 除濕前後 夜間VPD 值的變化



# 溫室內 安裝空調熱泵系統

廠商在製造、施工、設計上之盲點

# 除了造價高之外

1. 主機品質差，性能不穩定
  - 壓縮機至少應保固3年
2. 主機製熱性能不佳
  - 製熱能力應大於製冷能力的1.1 ~ 1.2倍以上

## 3. 冷凍噸數的糾紛

# 冷凍噸

- 1 USRT = 3024 kcal/hr  
= 3.51 kW = 12000 Btu/hr
  - USRT : US Refrigeration Tonnage
- 1 JRT = 3320 kcal/hr
  - JRT : Japanese Refrigeration Tonnage

有人 10000 BTU/hr 就算 1 USRT

更離譜的是有人 2000 kcal/hr 也算 1 USRT

# 2000 kcal/hr = 1 冷凍噸 ? ? ?

涼伴-冷氣機★ - Windows Internet Explorer  
http://gofuntaiwan.net/columnpage/specol/coolair/coolair-01.asp

6. 使用電壓(110V/220V)

7. 施工方式

- 1) 舊機要拆卸遺棄或移機
- 2) 加裝其他配件如遮雨棚
- 3) 是否需加裝排水器

8. 其它因素(方位、西晒、邊間、頂樓、熱源)

- 西曬之房間—由於西曬較久，可以考慮購置冷氣能力較大之機種(如5坪之空間原一般環境可適用之2000或2200kcal/h機種，則建議購買2500kcal以上之機種)
- 居住在鹽分、硫磺味重的地區—最好選購散熱器具具備藍波防銹，底座為SMC避網之機種，最耐腐蝕

9. 家中有老人、小孩

由於老人及小孩子的抵抗力較差，因此最好考慮選購具備空氣清靜機功能的健康機種；如綠剋菌濾網。

❖ 冷房能力與使用坪數換算表：

冷房能力指一台冷氣機。每小時能從房內移走的熱量，單位是kcal/h，一坪約需450kcal/h~500kcal/h，頂樓和客廳則需要500~550kcal/h。

使用坪數	Kcal/Hr	BTU/hr	噸數
3~4	1600	6400	0.8
4~5	1800	7200	0.9
5~6	2000	8000	1
6~7	2500	10000	1.3
7~8	3150	12600	1.6
8~10	3550	14200	1.8
10~12	4500	18000	2.3
12~14	5600	22400	2.8
14~16	6300	26200	3.2

Which—挑選噸數足夠的冷氣

確定安裝的環境後，接下來依實際需要挑選一台足夠噸數的冷氣安裝，選用冷凍噸時請使用任卡數計算避免冷房能力估算錯誤造成困擾。因為冷噸數之計算目前有公制及英制二種不同規格，(公制1冷凍噸=3320Kcal，英制1冷凍噸制=12000BTU(約=3024Kcal)，但台灣市場通常以2500Kcal稱為1冷凍噸。

提供消費者一個小秘訣，可從冷氣的型號中間兩碼辨識冷氣的確實噸數。

舉例而言：AW-2205BR，開始的英文代號通常可以判別廠商名或是機型屬於窗型、直立式或分離式冷氣，頭碼數字2表示220伏特(有的廠商會在末碼表示)，中間兩碼20表示2000 Kcal，末碼5則是廠商自行的編碼。

# 除了造價高之外

1. 主機品質差，性能不穩定
2. 主機製熱性能不佳
3. 冷凍噸數的糾紛
4. 溫室冷熱負載計算方式不正確
  - 不應該只由換氣率計算

# 育品溫室 2008/5/15 興建中



# 育品溫室 (嘉義民雄廠)

## ■ 溫室

- 長、寬為108公尺x300公尺
- 面積約為 9000坪
- 屋簷高度為6公尺

## ■ 初期規劃

- 催花溫室 1200 坪
- 栽培溫室 7800 坪

# XX工業所做的加熱負載計算(1)

## ■ 未控制時

- 室溫 15 °C / 60 %RH，焓 7.5 kcal/kg

## ■ 需要升溫至

- 室溫 25 °C / 60 %RH，焓 13.3 kcal/kg

## ■ 目前空間

- 9000 坪 x 3.3 x 高 3 m
- 負載空間：89100 m<sup>3</sup>

# XX工業所做的加熱負載計算(2)

96.09.15傳真

- 設每小時換氣量：5次
- 空間需求風量：89100 x 5 = 445500 CMH
- 能力計算：  
(出風焓-入風焓)/出風口比體積 x 風量  
(13.3 - 7.5) / 0.861 x 445500  
= 3001045 kcal/hr 約 992 USRT
- 建議至少安裝 1000 USRT 以上暖氣
- 以上僅供參考

完全未考慮  
溫室外狀況

# XX工業所做的加熱負載計算(3)

96.09.16 傳真修正

- 設每小時換氣量：1次

- 空間需求風量：89100 x 1 = 89100 CMH

- 能力計算：

(出風焓-入風焓)/出風口比體積 x 風量

(13.3 - 7.5) / 0.861 x 89100

= 600,209 kcal/hr 約 198 USRT

- 建議至少安裝 200 USRT 以上暖氣

- 以上僅供參考

# 採購的空調熱泵

- 採購 2 台 KLAH-200D 型氣冷式冷暖冰水機組 (XX冷凍機械公司)
  - 使用R22冷媒
  - 總冷房能力 = 1.12 M kcal/hr
  - 總暖房能力 = 1.232 M kcal/hr
  - 每台冷房能力 560,000 kcal/hr = 101 m<sup>3</sup>/hr x (12 - 7 °C) x 1000 kg/m<sup>3</sup> , 壓損 6.6 m
  - 散熱風扇 590 W x 20 台 , 風量 5200 m<sup>3</sup>/min
  - 每台暖房能力 616,000 kcal/hr = 111 m<sup>3</sup>/hr x (45 - 40 °C) x 1000 kg/m<sup>3</sup> , 壓損 7.7 m
  - 耗電量 240 kW = 240 x 860 = 206,400 kcal/hr
  - $COP_{冷} = 560 / 206.4 = 2.71$
  - $COP_{熱} = 616 / 206.4 = 2.98$
  - 適用外氣溫度範圍 : 7 ~ 35 °C
- 使用植床下熱水管透過輻射加溫

# 冷/暖房能力評析

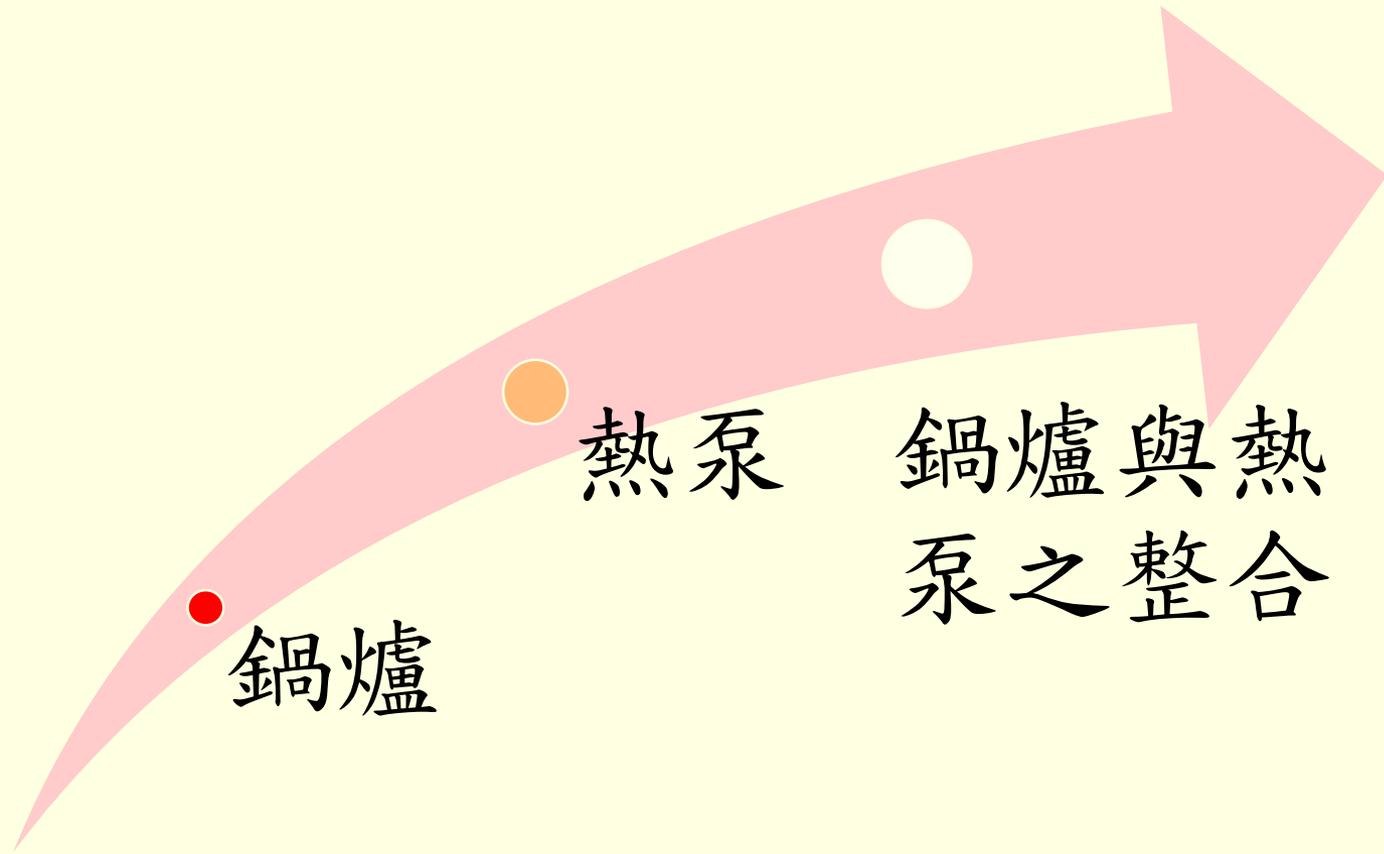
- 使用兩台XX冷凍機械公司氣冷式冰水機 KLAH-200D.
- 一台的冷房能力為 56 萬 kcal/hr, 暖房能力為 61 萬 kcal/hr
- 屋簷高度 6 m, 暖房 3 m 高度有保溫膜
  
- 冷房 1200 坪
  - $2 \times 560000 / 3024 = 2 \times 185 = 370$  USRT
  - $1200 / 370 = 3.24$ 坪 / USRT (低估了)
  
- 暖房 7800 坪
  - $2 \times 610000 / 3024 = 2 \times 202 = 404$  USRT
  - $7800 / 404 = 19.3$ 坪 / USRT (高估了)

# 加熱負載計算之調整歷程 評析

調整	換氣率	溫室面積 (加溫溫室)	規劃結果 (擬)採購主 機冷凍噸數	坪 /USRT	W/m <sup>2</sup>
1 初步設計	5 次/hr	9000 坪	1000	9.00	118
2 更改設計	1 次/hr	9000 坪	200	45.00	24
3 實際安裝		7800 坪	404	19.31	55
4 修正面積		6600 坪	404	16.33	65
目前加熱能力仍然 嚴重不足		6600 坪	建議修正為 620	10.65	100

# 溫室加溫系統的演進

---



# 設備比較

## 鍋爐

## 熱泵

設備成本

低

高

操作成本

高

低

效能

低

高

維護

麻煩

容易

使用風險

高

低

環境影響

高

低

允許的最低外溫

低(<0度)

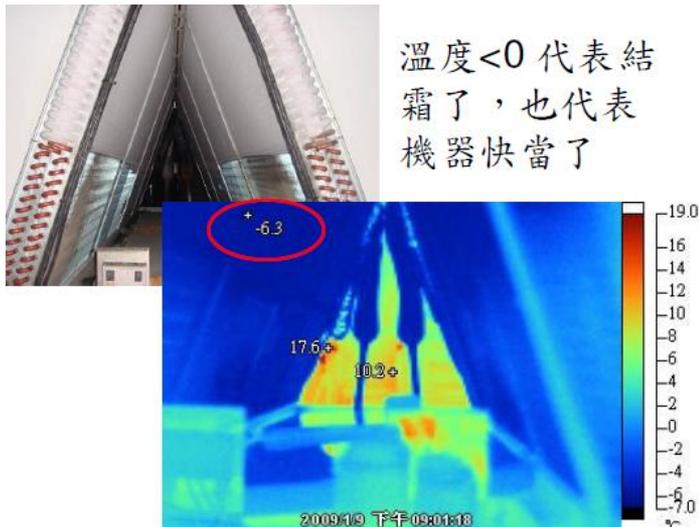
高(5~12度)

允許的最低外溫：

寒流來襲，外溫低於允許的最低外溫時系統當機，造成完全無法加溫，業者損失慘重

# 台灣 氣源式熱泵的致命傷

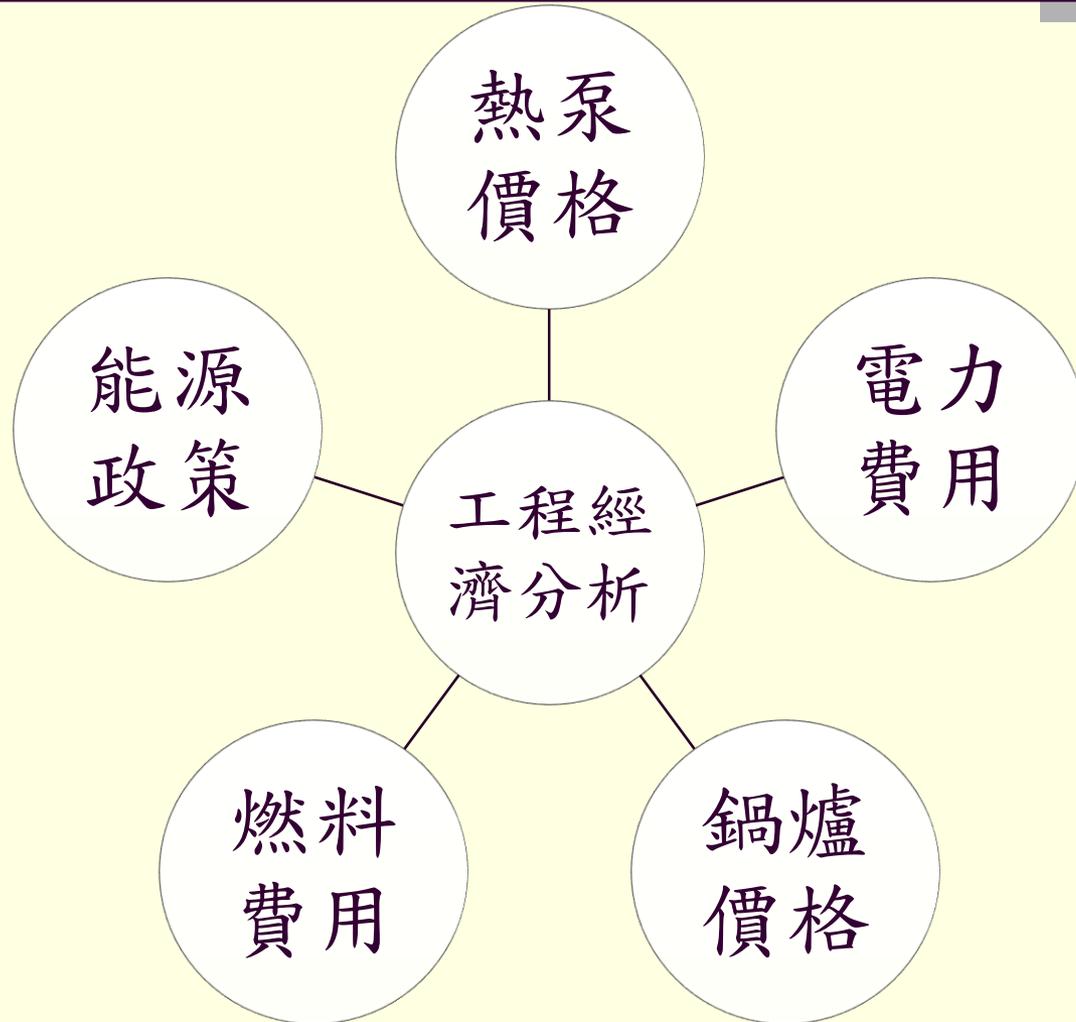
- 寒流期間
  - 製熱性能不佳
  - 性能較差的機種，甚至無法運作



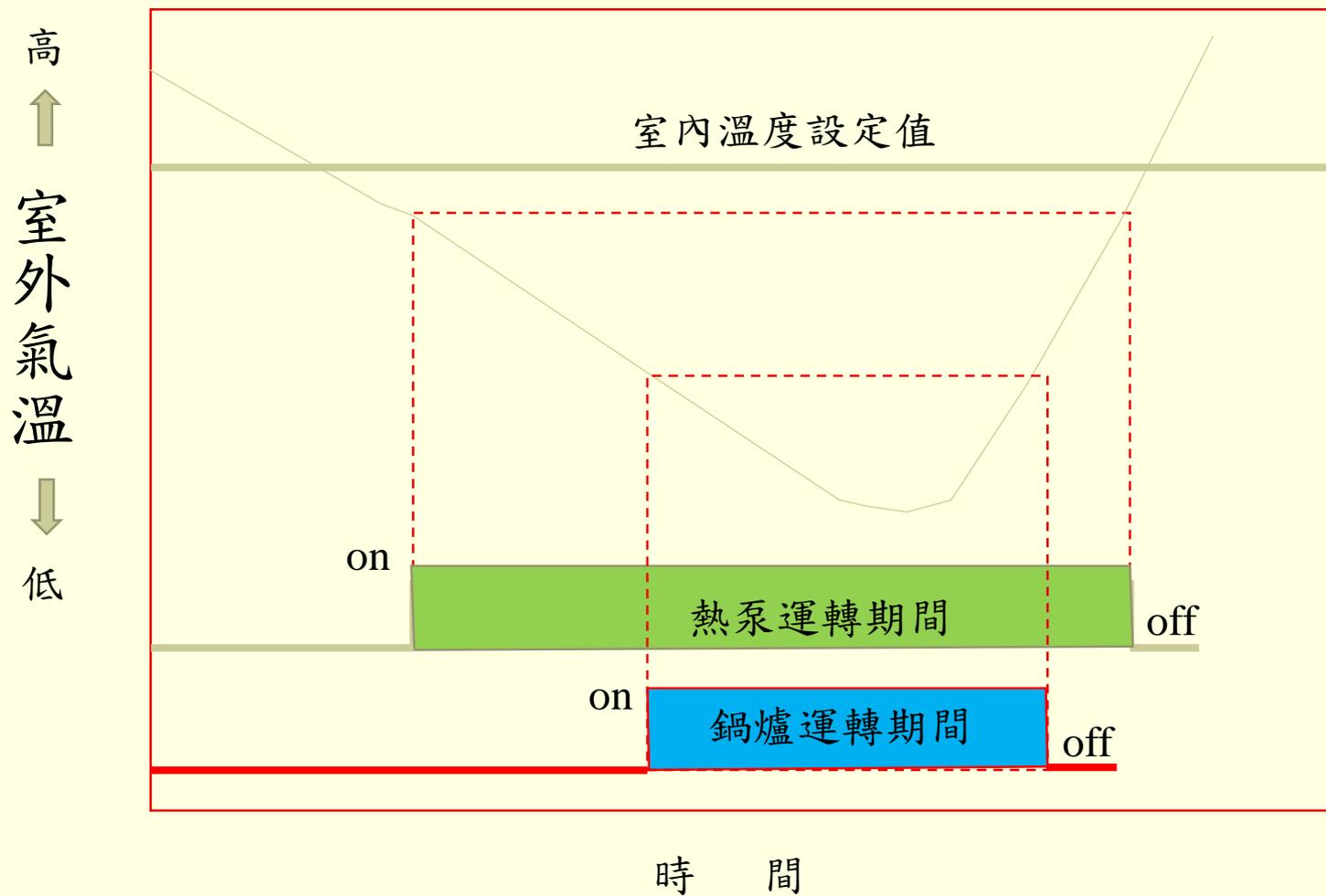
# 溫室加溫系統的 正確設計

- 正確設計：熱泵 + 鍋爐
- 三個名詞說的是同一件事
  - 鍋爐與熱泵 **整合** 的溫室加溫系統
  - 混合動力 環境調節系統（日本用語）
  - 混合動力 暖房（日本用語）
- 設置成本雖然是最貴
- 操作成本相對便宜
- 最大優點是 風險會是最後

# 加熱方式之選用依據



# 鍋爐與熱泵整合的溫室加溫設計



# 加溫負荷的分工(1/2)

累計小時數

較高的固定成本  
較低的操作成本

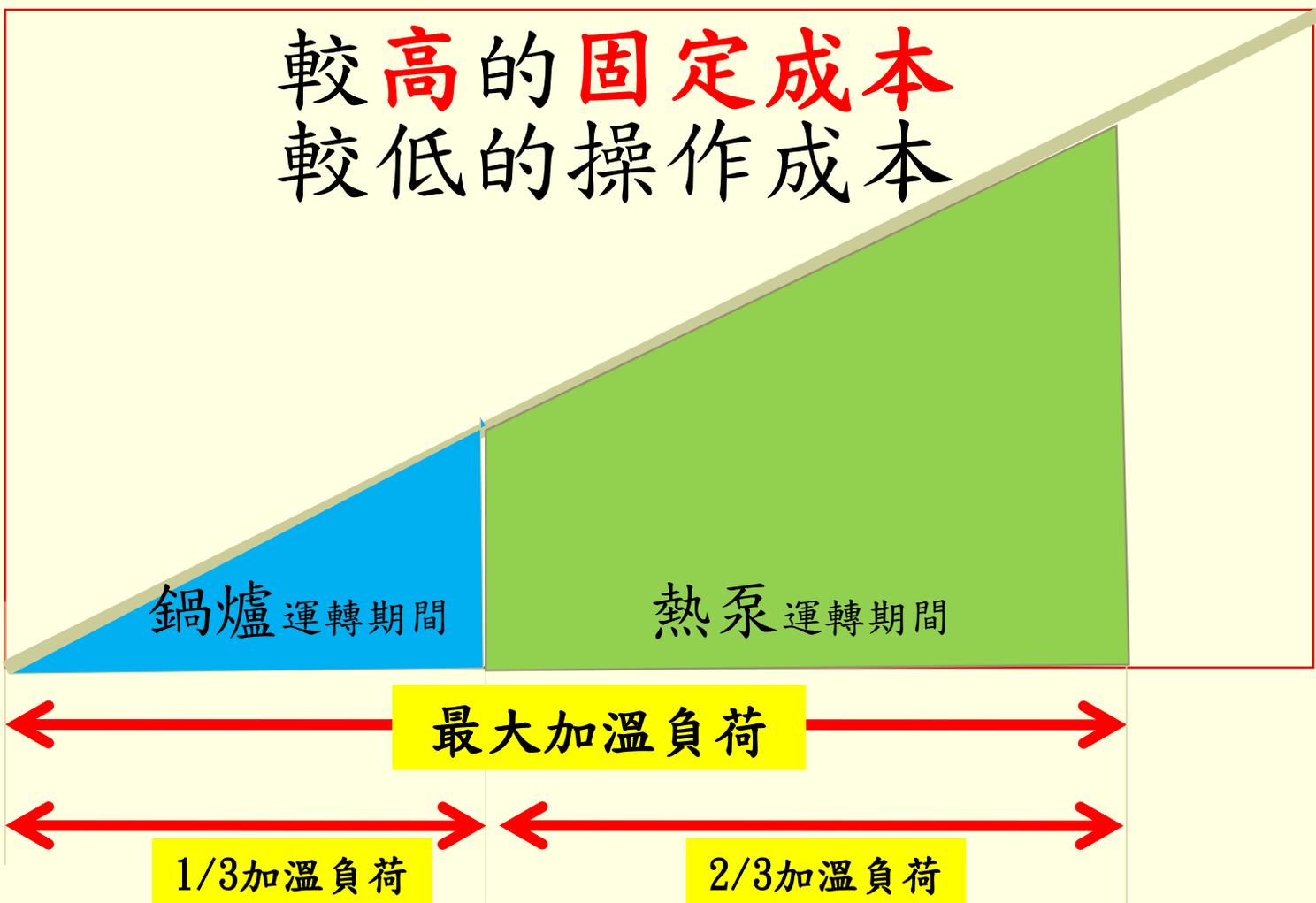
鍋爐運轉期間

熱泵運轉期間

最大加溫負荷

1/3加溫負荷

2/3加溫負荷



# 加溫負荷的分工(2/2)

累計小時數

較低的固定成本  
較高的**操作成本**

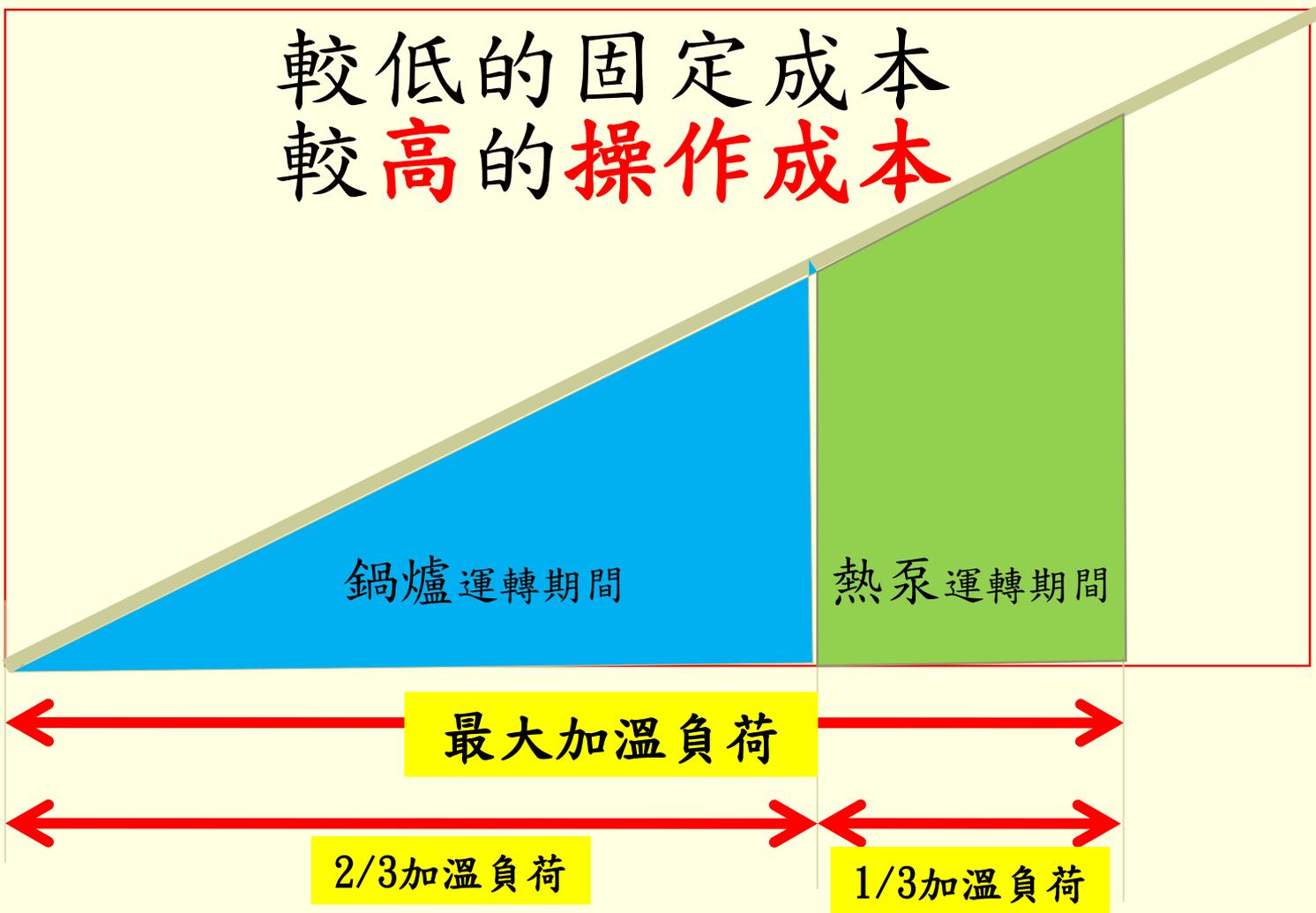
鍋爐運轉期間

熱泵運轉期間

最大加溫負荷

2/3加溫負荷

1/3加溫負荷

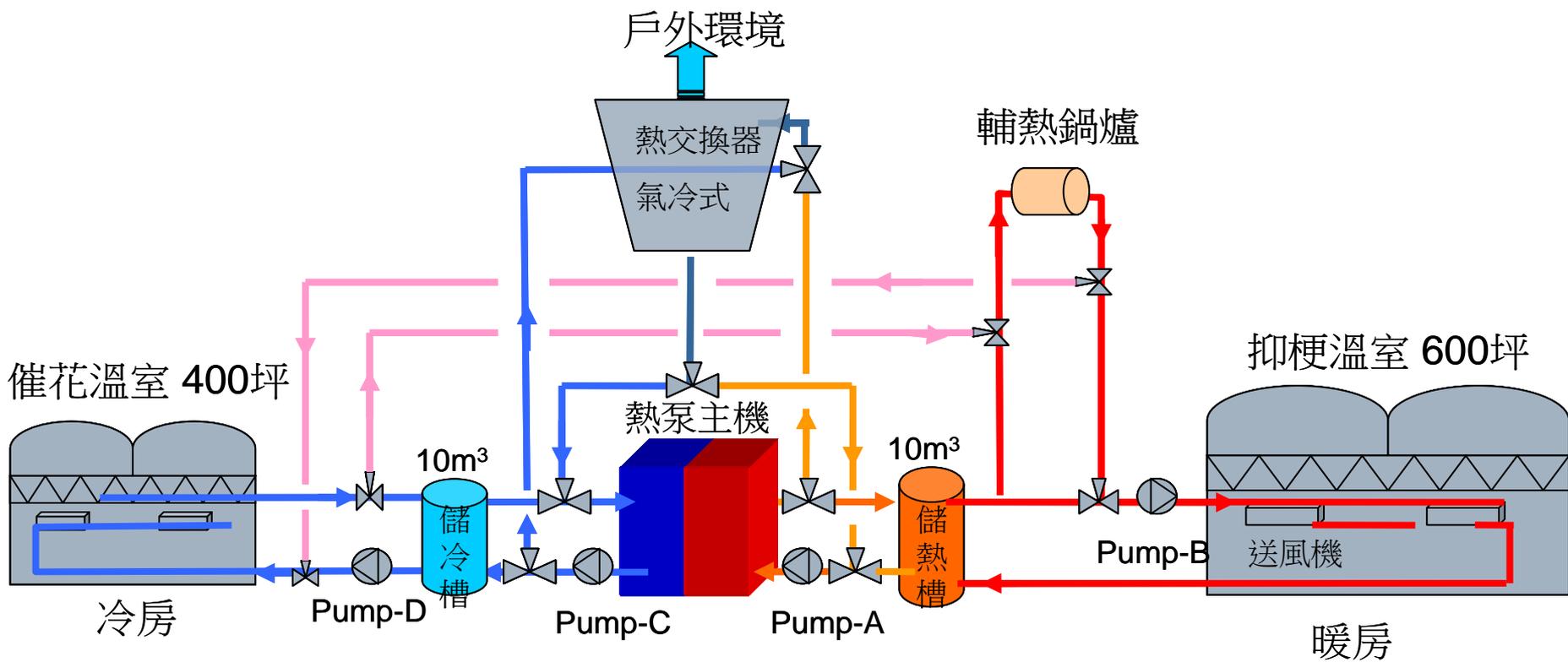


# 農試所花卉中心（雲林）

## 熱泵應用於催花抑梗溫室

- 儲水槽(冷/熱)：溫度平衡槽設計概念，滿足主機卸載15分鐘之再啟動時間所需能量。
- 備用熱能：採用熱水鍋爐，供應酷寒、熱泵主機維修等時間之熱能。
  
- 抑梗溫室：供熱由熱泵供應，不足部分則啟動備用熱水鍋爐
- 催花溫室：夏季日夜降溫由熱泵系統製冷進行降溫，冬季夜間供熱則由輔助鍋爐供應。

# 氣源式熱泵搭配輔熱鍋爐



# 熱泵運行季節表

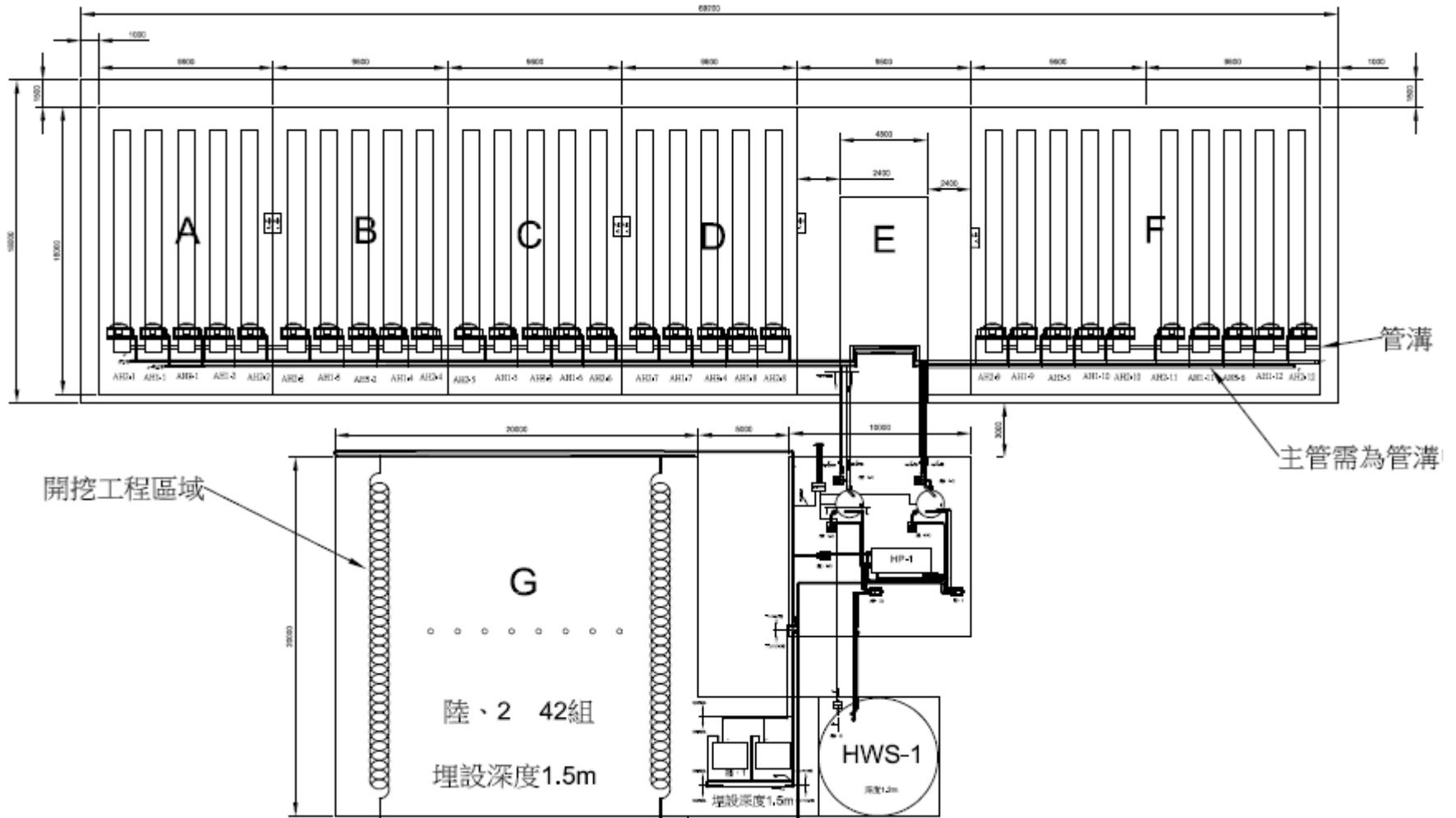
		春季			夏季			秋季			冬季		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
抑梗	日28°C	Pad & Fan 降溫											
	夜28°C	熱泵加熱	Pad & Fan 降溫						熱泵加熱				
催花	日25°C	Pad & Fan 降溫			熱泵降溫					Pad & Fan 降溫			
	夜18°C	Pad & Fan 降溫		熱泵降溫						Pad & Fan 降溫		輔助加熱	

# 規格

$$3.5 \text{ kW} \times 60 \times 2 \\ = 420 \text{ kW}$$

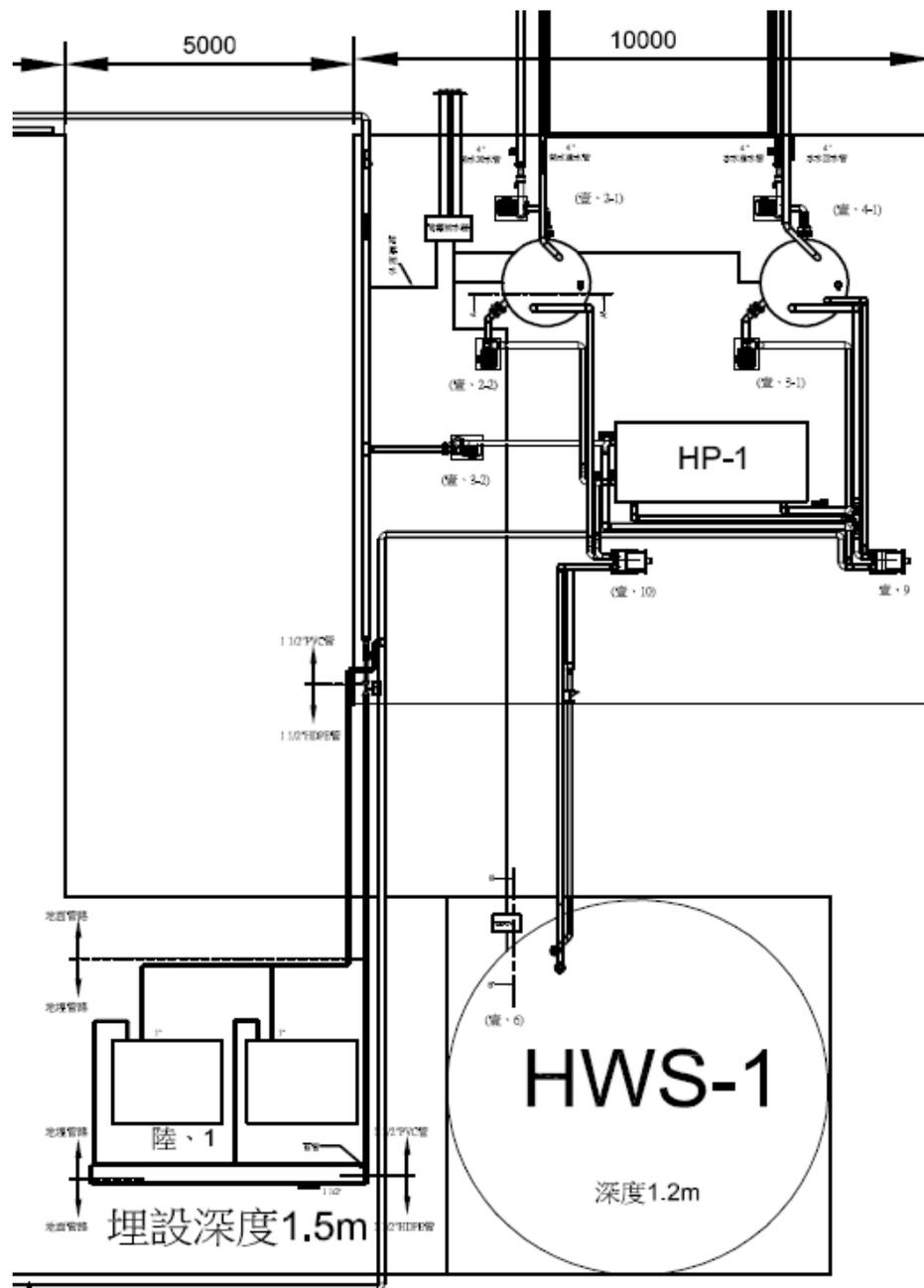
項目	說明	數量
熱泵主機	60RT雙壓縮機	2台
儲熱槽	10 m <sup>3</sup> , 冷熱水槽	2槽
送風機	暖房能力 12.84kW	25台
	冷房能力 8.3kW	32台
熱水循環泵	A：定頻泵浦	2台
	B：變頻泵浦	2台
輔熱鍋爐	製熱能力，300kW	1台

# 工程範圍

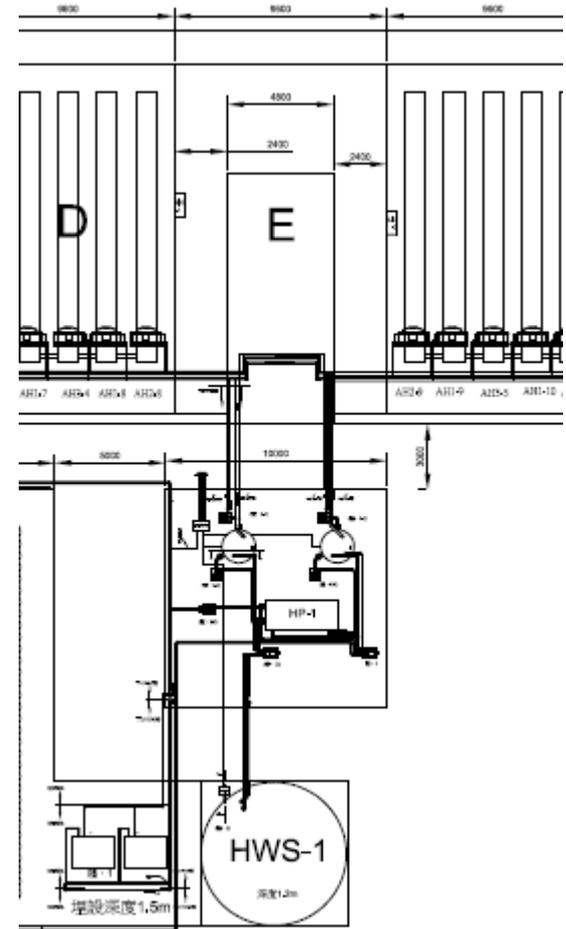


# 熱泵系統之設計 與規劃

- 初始設計：結合氣源/水源/地源的熱泵系統
- 實際施作：結合水源/地源的熱泵系統
- 水源：回收雨水
- 地源：地理管/熱交換板



# 以簡易溫室作為機房 後續將兩側掀起通風



# 熱泵系統工程施作 (1/3)



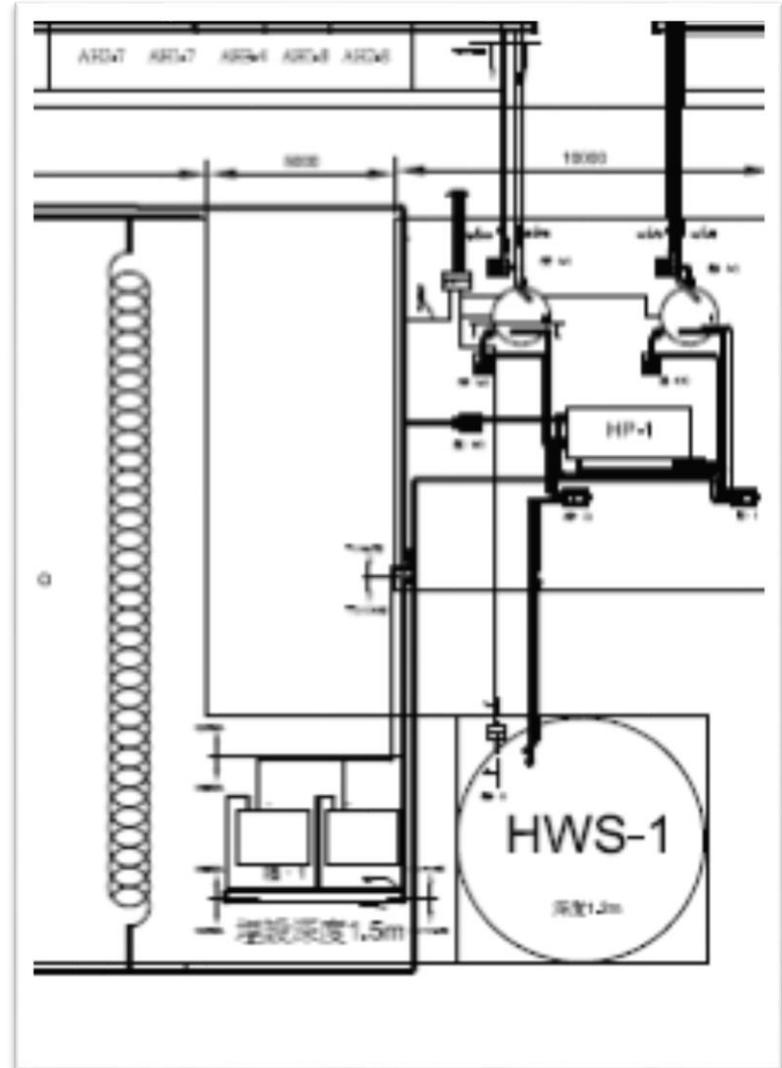
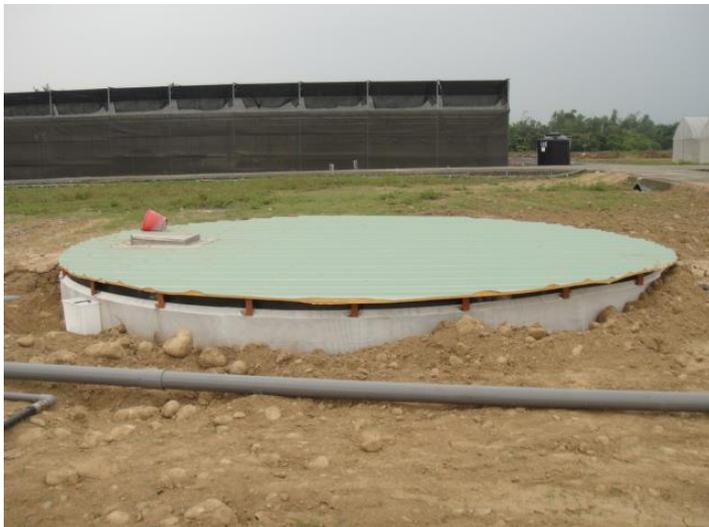
# 熱泵系統工程施工作 (2/3)



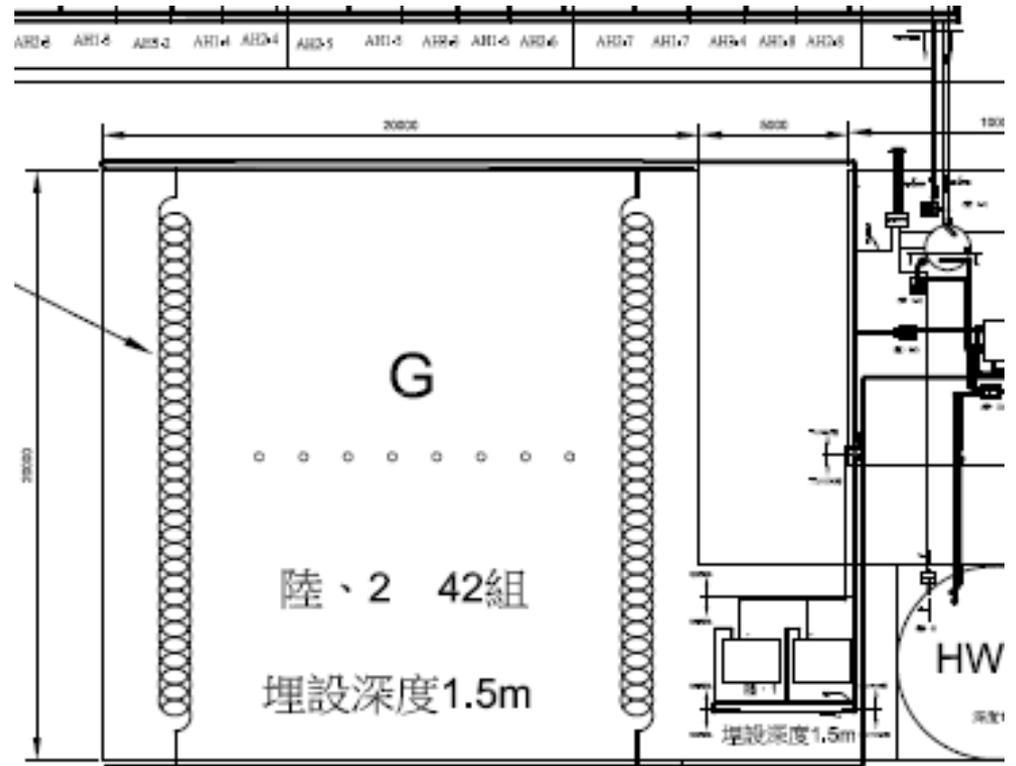
# 熱泵系統工程施作 (3/3)



# 雨水回收 (HWS-1)



# 地理管 (G 區)



# 地理熱交換板



# 結論

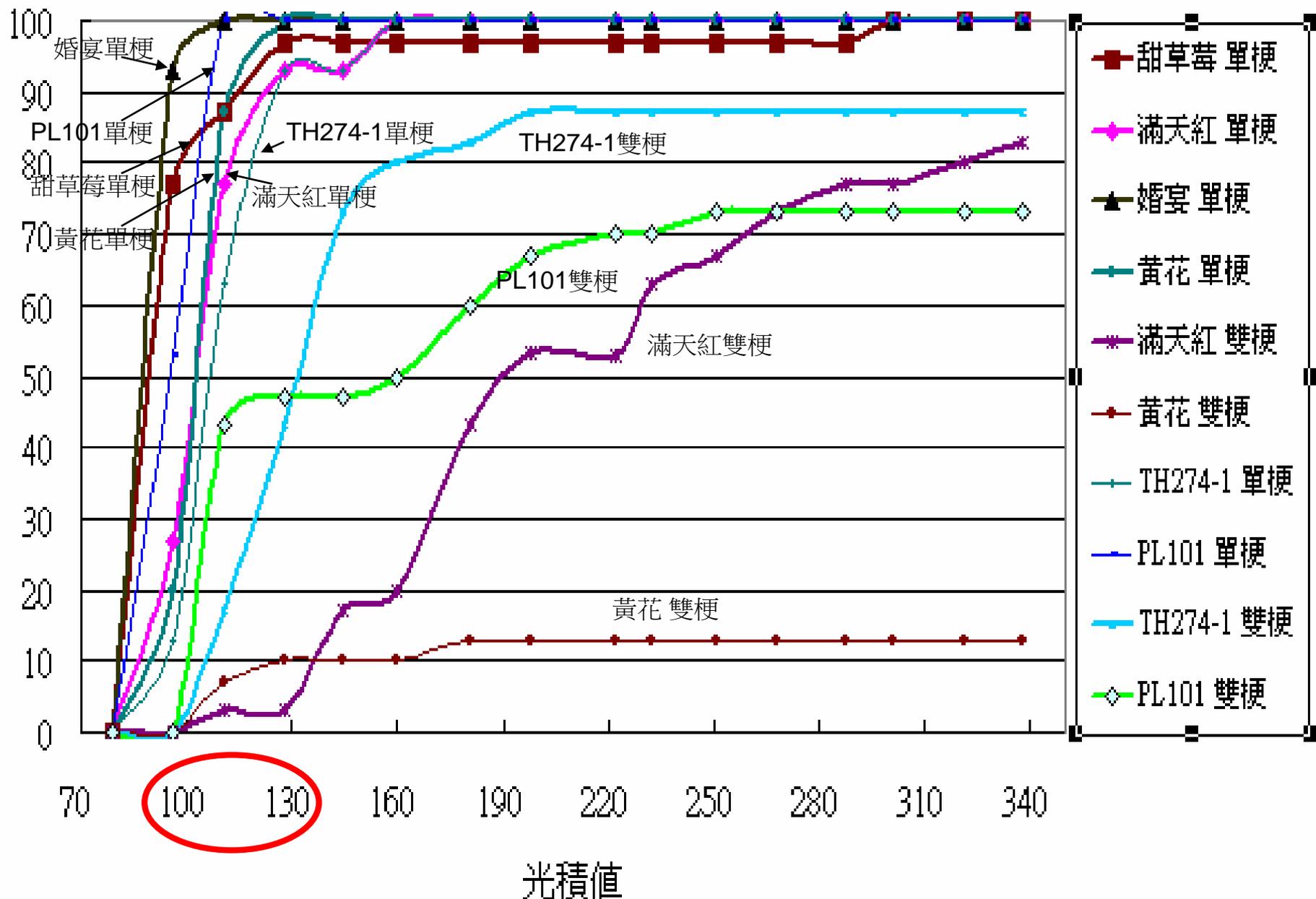
- 溫室加熱使用熱泵熱水系統為首選
- 雙效利用最佳範例：蝴蝶蘭催花+抑梗
- 由鍋爐改為使用熱泵
  - 加熱成本減少一半是普通
  - 減為三分之一以下才是正常
- 如何均勻分布為設計重點
- 經費充足時，熱泵+鍋爐 是最妥當的設計

# 補充

- 催花期間**光控**也是非常重要

多個蝴蝶蘭品系  
抽梗所需之光積值

抽穗率, %



品系	抽梗率	光積值 mol/m <sup>2</sup>	天數	平均日總 光積值	日總光積值= 5 mol/m <sup>2</sup> 時 所需天數
夕陽紅*	100%	133	32	4.15	26.6
巨寶紅玫瑰*	100%	126	31	4.06	25.2
滿天紅*	100%	160	36	4.44	32
甜草莓	97%	128	29	4.41	25.6
黃花*	100%	128	29	4.41	25.6
婚宴	100%	111	26	4.27	22.2
PL-101*	100%	111	26	4.27	22.2
TH274-1*	93%	128	29	4.41	25.6

\* 允許雙梗的品系