



# 熱泵熱水器性能檢測實務介紹

報告者：吳哲榮、謝桂平

**Tel : 03-5916280**

**E-Mail : [jeffwu@itri.org.tw](mailto:jeffwu@itri.org.tw)**

工研院綠環所 智慧節能技術組

中華民國 101 年 5 月 8 日



# 大 綱

- 一. 前言
- 二. CNS-15466熱泵熱水器之性能試驗
- 三. 實驗測試案例介紹
- 四. 結論



## 一、前言

隨著近幾年熱泵熱水器產品市場的快速發展，社會及消費者對熱泵熱水器能效性能的關注度大為提高。在經濟部能源局的支持下，工研院與業界先進投入熱泵熱水器的標準制訂，並依此標準CNS - 15466進行各種熱泵熱水器性能測試研究，藉此研討會擴大與產業界進行實測技術交流。

## 二、CNS熱泵熱水器之性能試驗標準說明

### 適用範圍

本測試標準規範做為熱泵熱水器之性能測試方法，適用於以蒸氣壓縮方式，以空氣為熱源，以提供熱水為目的之熱泵熱水器，不適用於複合功能之空氣源式熱泵熱水器。

國際相關熱泵熱水器標準之加熱能力分類：

	JRA 4050	ASHRAE 118.1	ASHRAE 118.2	GB/T 21362	GB/T 23137
適用範圍	製熱能力： CO <sub>2</sub> < 11.58kW HFC < 19.3kW	熱泵熱水器 入力 > 6 kW	熱泵熱水器 入力 < 6 kW	製熱能力 > 3kW	不適用於工業用 熱泵熱水器
目的	家用	商用	家用	商業或工業用及 類似用途	家用及類似用途

**CNS-15466\_2011適用範圍為單相250 V以下、三相600 V以下，最大消耗電力12kW以下。**



## 分類與定義

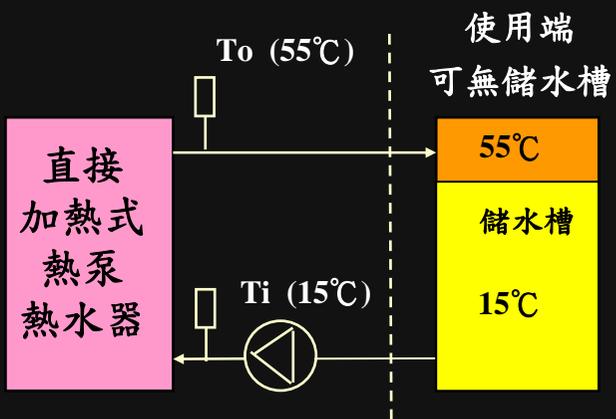
- 依照製熱特性之不同，熱泵熱水器可分為「直接加熱式」與「循環加熱式」；
- 依照產品外型設計不同，熱泵熱水器可分為「一體式」與「分離式」。

循環加熱方法又因冷凝器設計型式不同細分為二類：一為利用水泵進行熱水循環；另一則為將冷凝器置於儲水桶內直接加熱或桶外間接加熱，因為並無水泵，僅靠自然對流進行循環加熱，因此也稱之為「靜態加熱式」，此類產品系統本身需要儲水桶，且儲水桶內盤管設計會影響性能，並為避免外部連接冷媒管路，外觀型式大多製作為一體型。

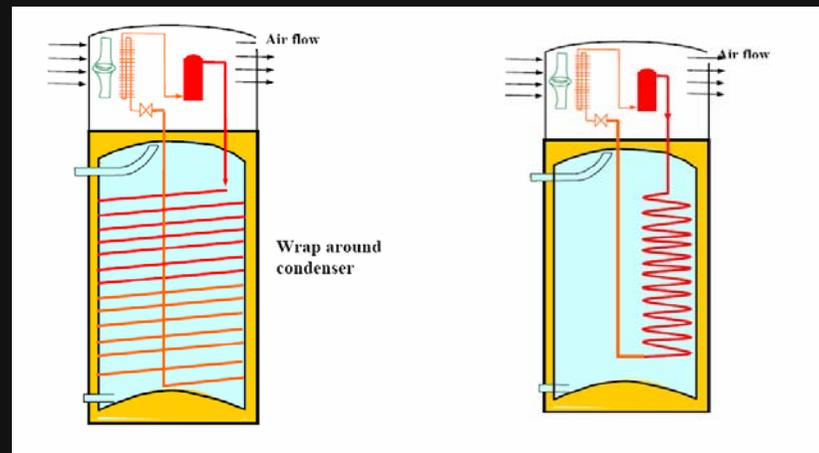
**直接加熱式熱泵熱水器：**使用側進水流經熱泵熱水器，出水溫度直接達到設定溫度。

**循環加熱式熱泵熱水器：**係由熱泵、儲水桶或含水泵所組成，儲水桶之出水(流出儲水桶之水)流經熱泵並進行熱交換，再送回儲桶之內經反覆循環後使儲水桶之平均水溫逐漸達到設定溫度。

**靜態加熱式熱泵熱水器：**使用端入水經由熱泵熱水器之熱交換器直接或間接加熱，被加熱水側以自然對流型式逐漸達到設定溫度。



直接加熱式熱泵熱水器圖例



靜態加熱式熱泵熱水器圖例



循環加熱式熱泵熱水器圖例



## 性能測試方法

加熱型式	水泵需求與否	性能測試方法
直接加熱式 (A)	必要	水側熱量計法
循環加熱式 (B)	必要	不附儲水桶之半穩態性能試驗法 (隨附儲水桶之半穩態性能試驗法)
靜態加熱式 (C)	不必要	隨附儲水桶之半穩態性能試驗法

(B) 建議採用主機加標準桶之「不附儲水桶之半穩態性能試驗法」，若廠商堅持採用隨附儲水桶之測試方法，則須在試驗報告中明確註明受測之儲水桶容量，並詳細標示在商品上。



# 試驗條件要求

## 性能測試條件

測試項目	蒸發器入口 空氣乾球溫度 (°C)	蒸發器入口 空氣濕球溫度 (°C)	入口 水溫度 (°C)
額定條件	20 ± 0.5	15 ± 0.5	15 ± 0.2
冬季條件	7 ± 0.5	6 ± 0.5	9 ± 0.2

測試項目	蒸發器入口 空氣乾球溫度 (°C)	蒸發器入口 空氣濕球溫度 (°C)	入口 水溫度 (°C)
過負載試驗	43 ± 0.5	26 ± 0.5	29 ± 0.2
除霜試驗	2 ± 0.5	1 ± 0.5	5 ± 0.2
低溫啓動試驗	依廠商標示	—	5 ± 0.2

## 建議試驗項目條件

關於出水溫度之要求皆為55°C，於半穩態性能試驗法中，入水水溫係指標準儲水桶(平均)初始水溫，出水溫度係指標準儲水桶(平均)終止水溫。



## 其他建議試驗項目

- A、一小時熱水供應量(1st hour rating)
- B、儲水桶保溫性能試驗
- C、過負載試驗
- D、除霜試驗
- E、低溫啟動試驗

## 參考標準

1. ASHRAE 118.1-2008 Method of Testing for Rating Commercial Gas, Electric, and Oil Service Water Heating Equipment
2. ASHRAE 118.2-2006 Method of Testing for Rating Residential Water Heaters
3. JRA 4050 : 2007R 家庭用ヒートポンプ給湯機
4. GB/T 21362-2008 商业或工业用及类似用途的热泵热水机
5. GBT 23137-2009 家用和类似用途热泵热水器



# 產品銘牌上之標示項目

CNS標準規定之統一標示內容如右：(✓表示必須標示項)

對於循環加熱式與靜態加熱式熱泵熱水器，(\*1)係指額定平均性能係數；(\*2)得改標示為第一小時熱水供應量。

額定加熱能力、冬季加熱能力、額定性能係數及額定供水量之實測值應大於標示值之95%以上。

標示項目	熱泵熱水器外觀型式		一體式
	分離式	儲水桶	
名稱、型號	✓	✓	✓
種類 (直接加熱式、循環加熱式、靜態加熱式)	✓	✓	✓
電源 (相數( $\phi$ )、電壓(V)、頻率(Hz))	✓	✓	✓
額定消耗電功率 (kW)	✓	—	✓
額定電流 (A)	✓	—	✓
額定加熱能力 (kW)	✓	—	✓
額定性能係數 (COP) (*1)	✓	—	✓
冬季加熱能力 (kW)	✓	—	✓
冷媒代號及充填量 (kg)	✓	—	✓
儲水桶容量 (L)	—	✓	✓
熱水出水水溫 (°C)	—	✓	✓
總質量 (總重) (kg)	✓	—	—
滿水質量 (滿水重) (kg)	—	✓	✓
額定供水量 (L/hr) (*2)	✓	—	✓

### 三、實驗測試案例介紹

案例一：直接加熱式熱泵熱水器，測試方法－水側熱量計法。

符合測試條件規定：空氣乾球溫度、濕球溫度；入出水溫度

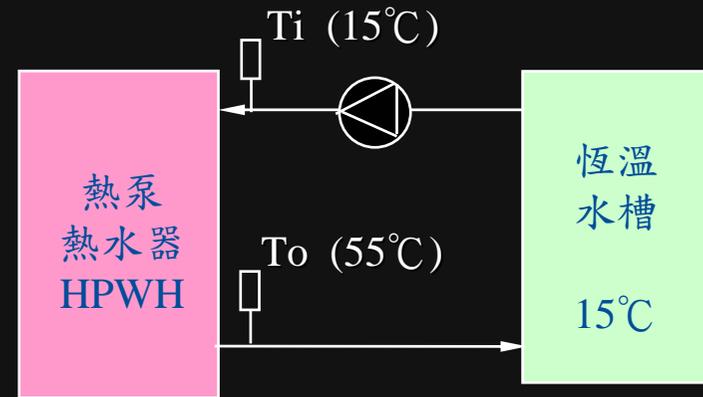
啟動熱泵熱水器(HPWH)，調整水流量，使出水溫達到測試條件要求

使其運轉至穩定條件後，繼續運轉至少30分鐘

爾後每隔5分鐘紀錄1次測試數據(包含出水溫度、消耗功率)，總計紀錄7次

$$\text{額定製熱量 } Q_w = 60 * (T_o - T_i) * W_f * C_p$$

$$\text{性能係數 COP} = \frac{\text{額定製熱量}}{\text{消耗功率}} = \frac{Q_w}{P_w}$$



$C_p$ ：平均溫度時水的比熱容， $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

$Q_w$ ：額定製熱量， $\text{kW}$

$T_o$ ：出水溫， $^\circ\text{C}$

$T_i$ ：入水溫， $^\circ\text{C}$

$W_f$ ：測試水流量， $\text{kg}/\text{min}$

$P_w$ ：消耗功率 $\text{kW}$



## 一、直接加熱式熱泵熱水器加熱性能測試結果：

(1) 環境乾球溫度為  $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、濕球溫度為  $15.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，熱水入水溫度為  $15.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，出水溫度為  $55.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  時測試其能力。

測 試 項 目	單 位	指定條件性能測試結果
氣 側 入 口 乾 球 溫 度	$^\circ\text{C}$	20.00
氣 側 入 口 濕 球 溫 度	$^\circ\text{C}$	15.02
大 氣 壓 力	kPa	99.18
熱 水 入 口 溫 度	$^\circ\text{C}$	14.99
熱 水 出 口 溫 度	$^\circ\text{C}$	55.31
熱 水 側 流 量	LPM	2.31
加 熱 能 力	kW	6.47
加 熱 能 力	kCal/h	5567.99
電 壓	V	220.24
運 轉 電 流	A	7.52
消 耗 功 率	kW	1.60
熱 泵 $\text{COP}_{\text{hp}}$	W/W	4.04

案例二：循環加熱式熱泵熱水器，測試方法—不附儲水桶之半穩態性能試驗法。

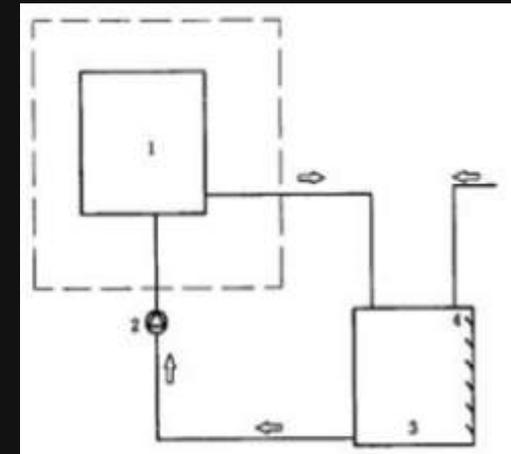
測試條件符合：空氣乾球溫度、濕球溫度、初始水溫

將HPWH主機與標準桶連接，確認HPWH與標準桶管路間為滿水狀態，標準桶初始平均水溫符合測試規定

啟動熱泵熱水器(HPWH)，開始紀錄加熱時間 $t$ (hr)、總耗電量 $P_w$ (kWh)，直至標準桶之平均水溫達到標示之終止溫度

$$\text{額定製熱量 } Q_w = C_p \times G \times (T_2 - T_1) / t$$

$$\text{平均性能係數 } COP_{\text{平均}} = \frac{\text{額定製熱量}}{\text{(總耗電量 / 加熱時間)}} = \frac{Q_w}{(P_w / t)}$$



- 1 熱泵熱水器
- 2 水泵
- 3 標準桶
- 4 溫度測點

$C_p$ ：平均溫度下水的比熱容， $J/(kg \cdot ^\circ C)$

$G$ ：標準桶之總水質量， $kg$

$T_1$ ：標準桶初始水溫， $^\circ C$

$T_2$ ：標準桶終止水溫， $^\circ C$

## 二、循環加熱式熱泵熱水器加熱性能測試結果：

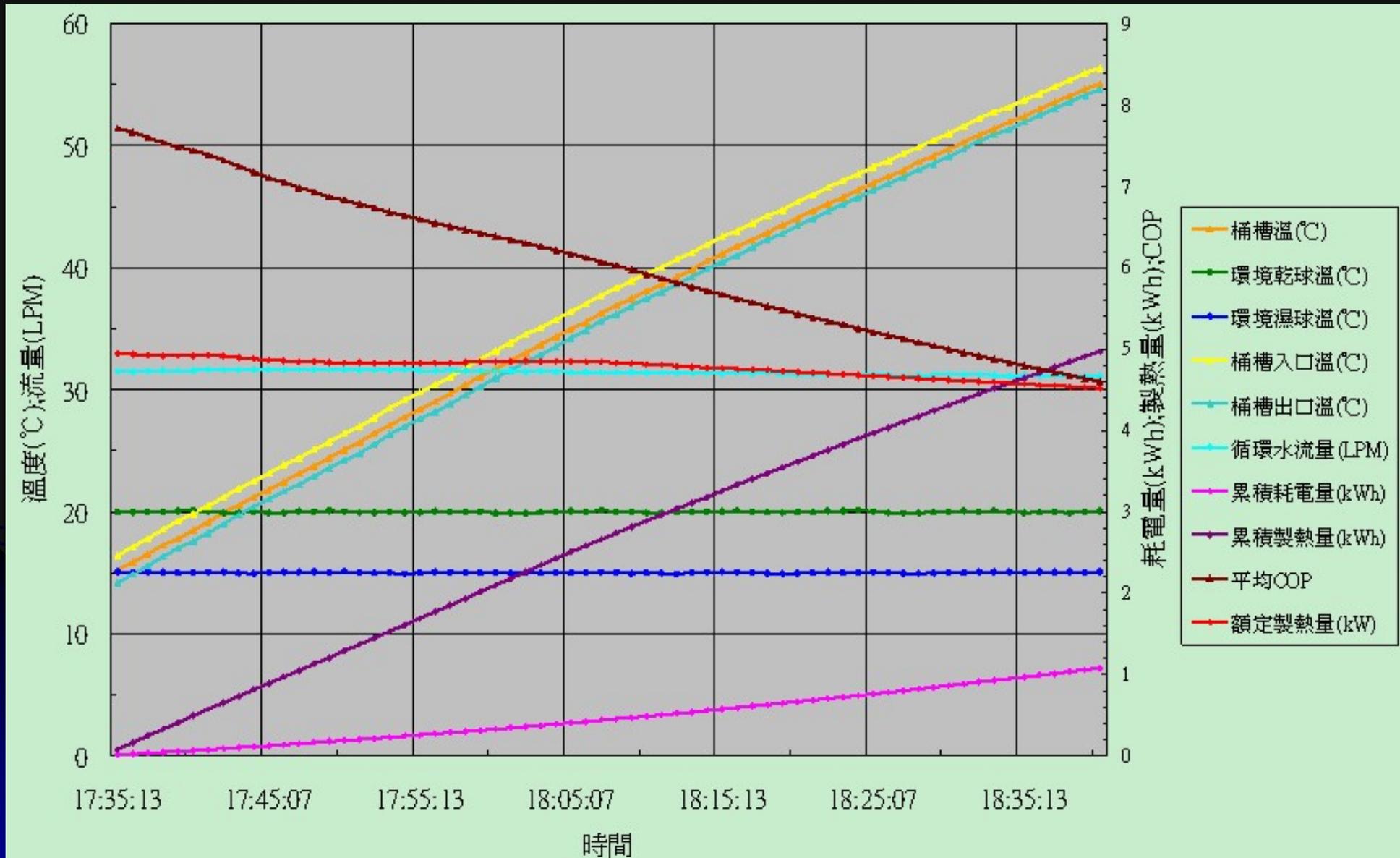
環境乾球溫度為 20°C、濕球溫度為 15°C 時；在循環水量 31.0 ± 1.0LPM 下，將 100 公升儲桶內的水由 15°C 加熱至 55°C 時之性能測試結果。

狀態點 測試項目	測試期間環境平均乾濕球溫度：19.99°C/15.02°C；初始水溫 15.07°C			
	桶溫達 25°C 時	桶溫達 35°C 時	桶溫達 45°C 時	桶溫達 55°C 時
儲桶平均溫度	25.07	34.97	45.21	55.07
累計製熱量(kWh)	1.29	2.51	3.76	4.97
累計耗電量(kWh)	0.19	0.41	0.70	1.08
平均 COP	6.83	6.17	5.34	4.6
運轉時間(hh:mm)	00:16	00:31	00:48	01:06
額定製熱量(kW)	4.84	4.85	4.70	4.52

備註：(1) 儲桶溫由 15°C 到達各溫度點之平均 COP = [到達各溫度點累計製熱量(kWh) / 到達各溫度點累計耗電量(kWh)]。

(2) 運轉時間係指桶溫由 15°C 起始至各溫度點所需之運轉時間。

## 二、循環加熱式熱泵熱水器加熱性能測試曲線圖：





## 標準桶建議規格

標準桶液面高度為H，在垂直高度上取5個溫度測點，此5個溫度測點之平均值則為標準桶之平均水溫。

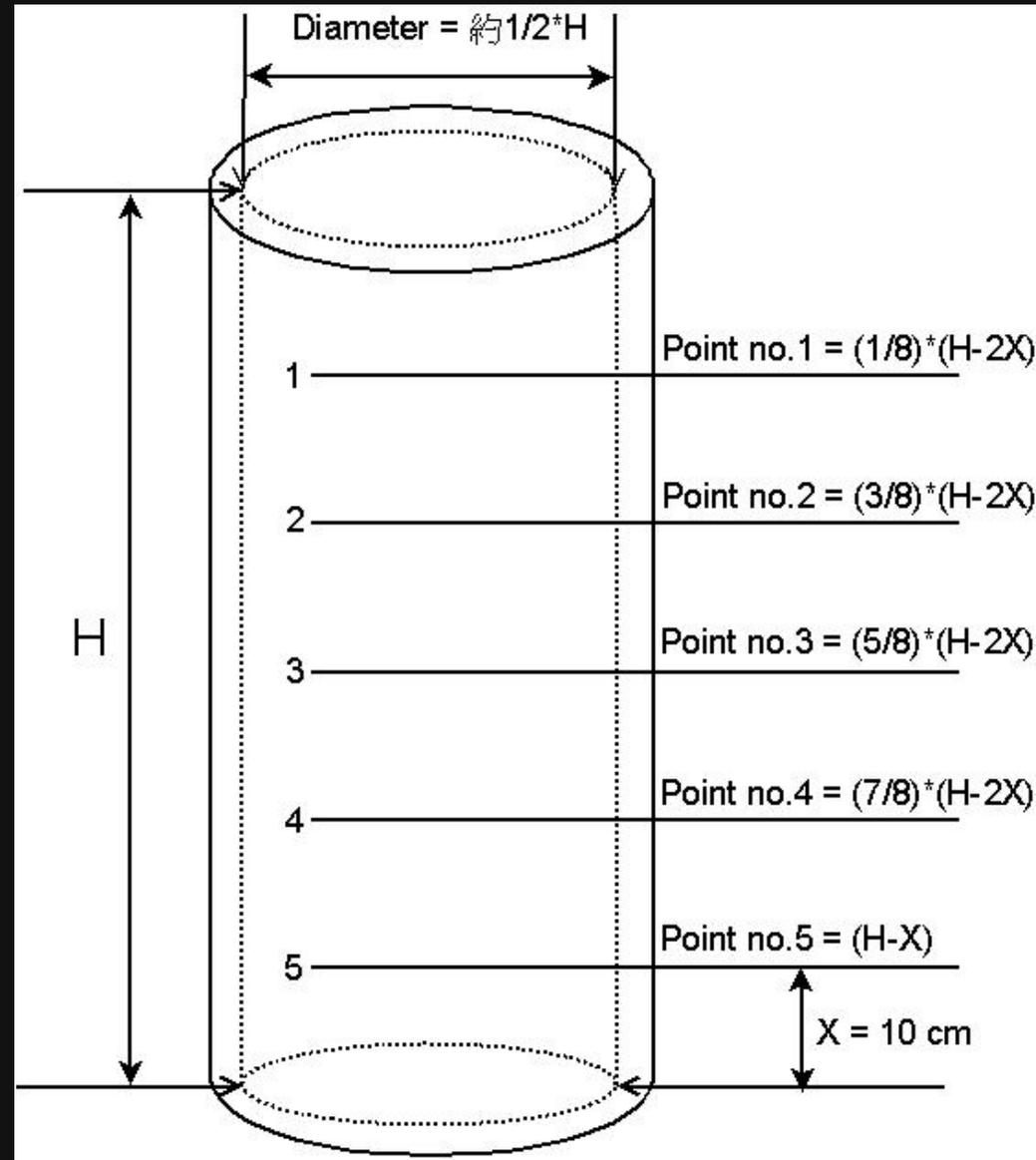
假設最低點溫度測點位置距離標準桶底部為X ( $X < H/10$ )，則5點溫度測點之放置高度計算如下：

$$\#1 = (1/8)(H - 2X) \quad \#2 = (3/8)(H - 2X)$$

$$\#3 = (5/8)(H - 2X) \quad \#4 = (7/8)(H - 2X)$$

$$\#5 = (H - X)$$

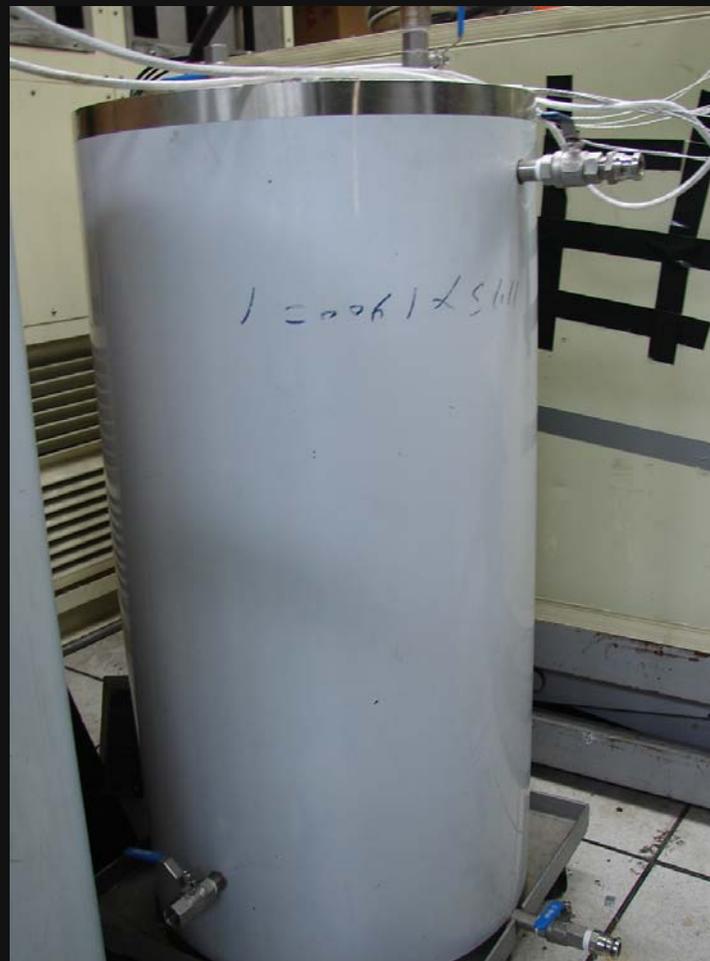
標準桶及其管件需具有良好保溫特性，並依據儲水桶保溫性能試驗方法施行，其保溫特性需小於 $2^{\circ}\text{C}$ 。



溫度計位置

標準桶外觀圖：

200公升標準桶



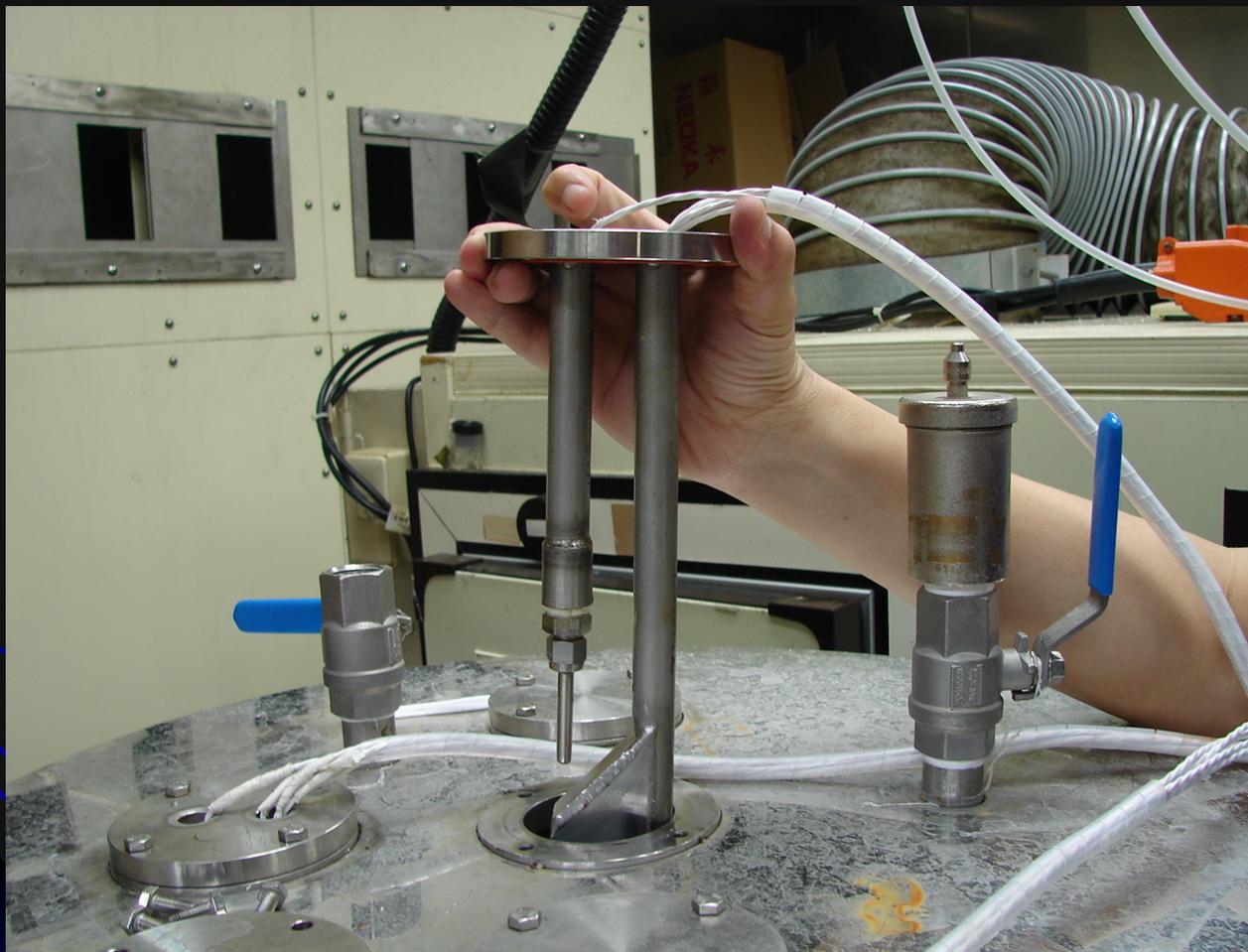
標準桶外觀圖：

100公升標準桶



標準桶外觀圖：

# 標準桶溫度計架組



# 循環加熱式熱泵熱水器測試相片





## 標準桶容量之選用原則：

依據熱泵熱水器額定加熱能力來決定標準桶容量之選用；選用原則為測試取值時間控制在0.5小時至1.5小時之間測試完畢。

例如：

100公升標準桶之加熱能量為4.65kW，  
適用之被測機額定加熱能力範圍  
在3.1kW~9.3kW之間

案例三：靜態加熱式熱泵熱水器加熱能力測試方法。

測試條件符合：空氣乾球溫度、濕球溫度、入出水溫

以水泵連接HPWH出水及入水口

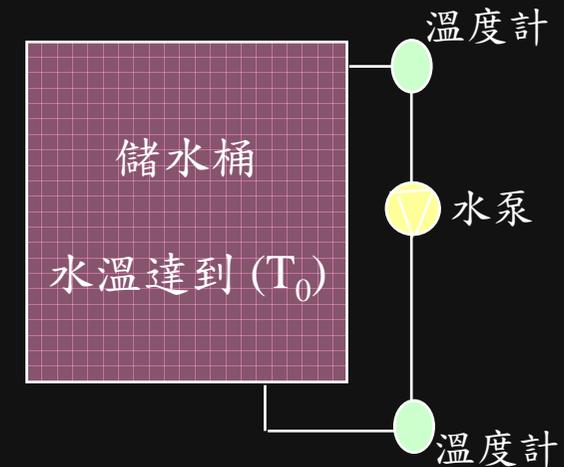
以大於儲水桶容量1.5倍換水量，進行水泵循環，記錄儲水桶初始平均水溫 $15^{\circ}\text{C}$ ，出入水口之水溫變化( $T_1$ )在 $0.5^{\circ}\text{C}$ 以內，停止水泵運轉。

啟動熱泵熱水器(HPWH)，紀錄加熱時間 $t$  (hr)、總耗電量 $P_w$  (kWh)，直至儲水桶之平均水溫達到標示之終止溫度

以大於儲水桶容量1.5倍換水量，進行水泵循環，記錄儲水桶終止平均水溫 $55^{\circ}\text{C}$ ，出入水口之水溫( $T_2$ )變化在 $0.5^{\circ}\text{C}$ 以內，停止水泵運轉。

$$\text{額定製熱量 } Q_w = C_p \times G \times (T_2 - T_1) / t$$

$$\text{平均性能係數 COP 平均} = \frac{\text{額定製熱量}}{\text{(總耗電量/加熱時間)}} = \frac{Q_w}{(P_w/t)}$$



$C_p$ ：平均溫度下水的比熱容， $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$

$G$ ：標準桶之總水質量， $\text{kg}$

$T_1$ ：儲水桶初始水溫， $^{\circ}\text{C}$

$T_2$ ：儲水桶終止水溫， $^{\circ}\text{C}$

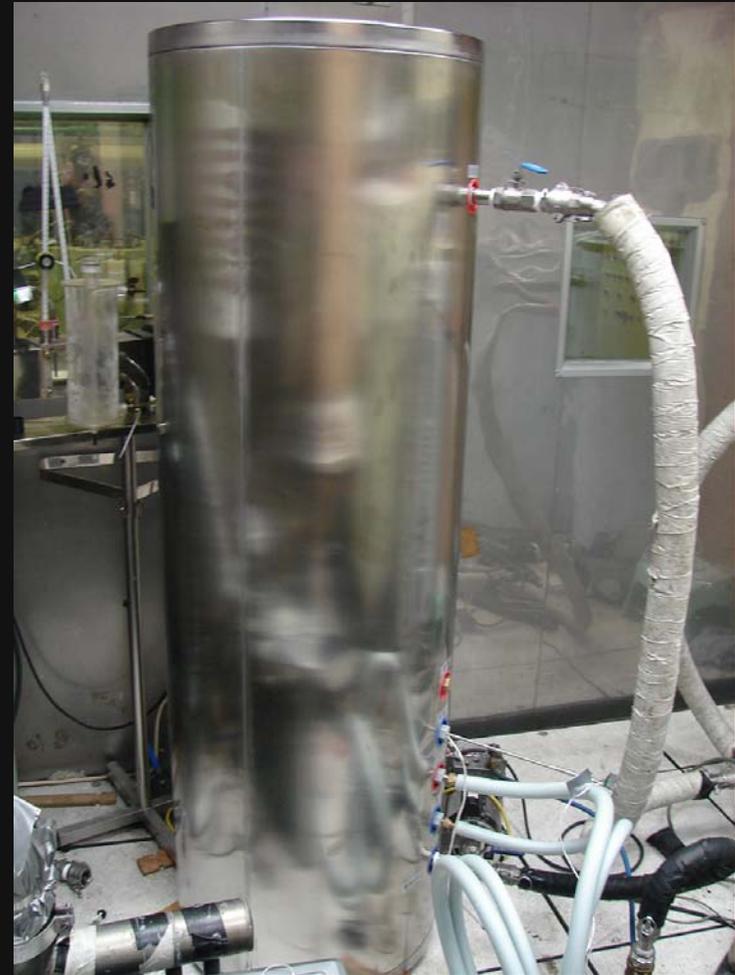
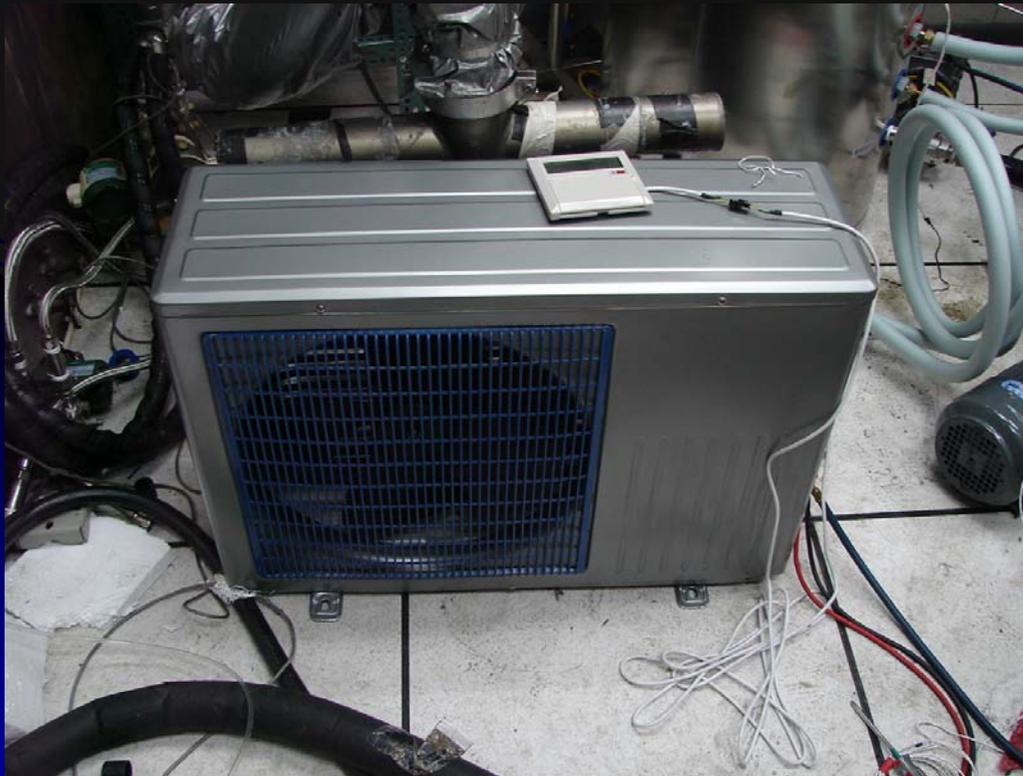


### 三、靜態加熱式熱泵熱水器加熱性能測試結果：

環境乾球溫度為 20°C、濕球溫度為 15°C 時；將靜態式熱泵熱水器儲桶內的水由 15°C 加熱至 55°C 時之性能測試結果。

測 試 項 目	實 測 值
環境平均乾球溫度(°C)	19.98
環境平均濕球溫度(°C)	15.03
儲桶平均初始溫度(°C)	15.03
儲桶平均終止溫度(°C)	55.09
累計製熱量(kWh)	12.30
累計耗電量(kWh)	4.04
平均 COP	3.05
運轉時間(hh:mm)	03:23
額定製熱量(kW)	3.63

### 三、靜態加熱式熱泵熱水器加熱性能測試相片：





### 三、靜態加熱式熱泵熱水器儲水桶容量測試：

#### 5.1 儲水桶容量試驗

##### 5.1.1 重量試驗法

試驗程序如下。

- (a) 將待測設備之儲水桶直立放置於磅秤之上，記錄其空桶質量。
- (b) 將水源系統之供水管路接於儲水桶之入水口，儲水桶之出水口則接於水源系統之排水管路。
- (c) 開啟儲水桶入水口之閥門並供水，確認出水口已無空氣排出時，關閉儲水桶出水口之閥門，使儲水桶內之壓力為水源系統之供水壓力，記錄儲水桶之入水及出水水溫。
- (d) 拆除供水及排水管路，記錄此時儲水桶之滿水質量。
- (e) 依下列方程式計算儲水桶容量(V)，以 L 表示，數值取至小數點第 1 位。

$$V = (\text{滿水質量} - \text{空桶質量}) \times (\text{儲水桶平均水溫所對應之比容})。$$



### 5.1.2 水量試驗法

試驗程序如下。

- (a) 將待測設備之儲水桶直立放置於地面之適當位置。
- (b) 將水源系統之供水管路經由 1 只累計型流量計接於儲水桶之入水口，並將儲水桶之出水口接於開放式水量桶。
- (c) 開啟儲水桶入水口之閘門並供水，當排入開放式水量桶之管路已無空氣排出時，關閉儲水桶槽出水口之閘門，使儲水桶內之壓力為水源系統之供水壓力。
- (d) 關閉儲水桶入水口之閘門，記錄累計型流量計所增加之水量值及開放式水量桶內之水量。
- (e) 儲水桶容量(V)為累計型流量計所增加之水量扣除開放式水量桶內之水量後之值，以 L 表示，數值取至小數點第 1 位。

儲桶容量在300公升以下者；建議採重量試驗法  
儲桶容量在300公升以上者；建議採水量試驗法



## 四、結論

- ① 不同製熱方式之熱泵熱水器具有不同測試方式，建議於產品標示上明確說明。
- ② 對於半穩態性能試驗法，需依據受測機額定能力，換算合適之標準桶容量，建議合理的測試時間在0.5~1.5小時之間。
- ③ 熱泵熱水器節能標章能效管理，目前傾向於不分加熱型式，節能標章COP統一定於4.0以上。



簡報完畢  
敬請指教

Thank you !!