

## 國際熱泵熱水器性能檢測標準與技術研究

### Testing Standards of performance for Heat Pump Water Heater

施世濠<sup>1</sup>  
Shih-Hao Shih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>財團法人台灣電子檢驗中心 產品安全試驗部 組長  
<sup>1</sup> Department of Product Safety Testing Supervisor,  
Electronics Testing Center, Taiwan  
E-mail:derrick@etc.org.tw

#### 摘要

因熱泵熱水器產品能源使用效率可達3倍以上，同時可利用空氣、水等再生能源，近年來國際能源署於世界各國推廣此技術，藉以減少全球溫室氣體排放，解決能源危機與氣候變遷問題。本文之目的在於藉由介紹目前各國最新版之熱泵熱水器性能標準，包括台灣 CNS 15466、歐洲 EN 16147 與日本 JISC 9220，使讀者瞭解各國標準發展情況，同時進行 EN 16147 標準實測介紹，使讀者對於歐盟測試方法有更進一步的認識，瞭解每項測試背後所代表的意義。

**關鍵字詞：**熱泵、熱水器、性能檢測

#### Abstract

The coefficient of performance of heat pump water heater can reach 3 times, while it can use renewable energy like air, water. In the recent years, the International Energy Agency in countries around the world to promote this technology to reduce global greenhouse gas emissions and to solve the energy crisis and climate change issues. The purpose of this paper is that by introducing the latest version of the heat pump water heater performance standards, including CNS 15466 (Taiwan), EN 16147 (Europe), and JISC 9220 (Japan) to let readers understand the development of International standards and introduce the testing method of EN 16147 standard to give reader the meaning behind each test.

**Keywords:** heat pump、water Heater、testing method of performance.

#### 1. 前言

隨著全球平均溫度逐年提昇，寒帶冰層逐漸融化，除海平面逐步上昇的問題外，各國氣候變化變得極端異常，因此，空氣調節設備的使用需求隨之增加。為降低人類活動對地球環境的影響，國際能源署IEA(The International Energy Agency)研究再生能源、節約能源的各項技術[1]，以設法逐年降低CO<sub>2</sub>的排放量，其中一項是於2011年盤點住宅及商用建築之製冷製熱技術之節能潛力，這些技術包括熱泵、太陽熱能、熱電、熱儲存...等，若這些節能技術能被廣泛使用且逐步提昇產品效能，則預測到2050年時，可降低約15億噸的CO<sub>2</sub>排放量(圖1)。

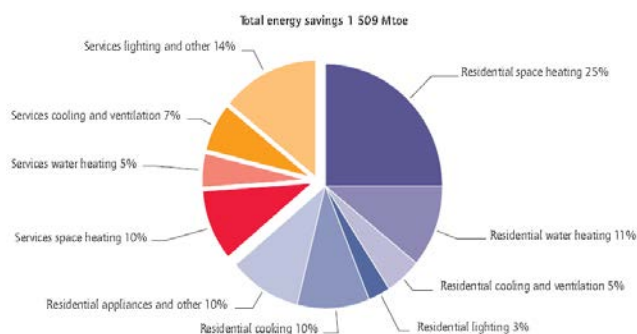


圖1. 住宅及商用建築製冷製熱節能潛力[1]

熱泵系統主要由壓縮機、膨脹閥、蒸發器和冷凝器等四大元件所組成的熱循環系統，藉由蒸發器從空氣源、水源等熱源吸收可再生的熱能，經過壓縮機提高熱能，於冷凝器處將熱傳遞予水或空氣，作為熱水或空間加熱之用。熱泵熱水器即使用此原理來進行水的加熱，進而供給予使用者，由於其具有利用環境中可再生能源的能力、

製熱效率較其他製熱水設備高，因此，國際能源署建議於全球推廣熱泵技術，以減少能源使用量，降低溫室氣體的排放。

我國熱泵熱水器性能測試標準 CNS15466 空氣源式熱泵熱水器之性能試驗法」於 2011 年制定完成並公告，其測試方法是參考美國 ASHRAE 118.2「Method of testing for rating residential water heaters」、日本 JRA 4050「家庭用ヒートポンプ給湯機」、以及中國 GB/T 23137「家用和類似用途熱泵熱水器」之標準內容[2]，同時考量我國國情而制定完成，除了我國之外，歐洲與日本熱泵熱水器測試標準也於 2011 年改版公告，為使國內讀者對於其他國家熱泵熱水器性能測試標準有初步的認識，本文將介紹國際上最新的性能標準，同時針對歐洲 EN 16147 標準內容之檢測技術進行實測介紹。

## 2.各國熱泵熱水器標準介紹

台灣、美國及日本熱泵熱水器性能測試標準，主要針對空氣源之熱泵熱水器產品測試方法進行規範及說明，目前國際標準化組織(ISO, International Organization for Standardization) 未針對空氣源熱泵熱水器制定性能測試標準，因此，各國依其國情進行其空氣源熱泵熱水器性能測試標準的制定，為瞭解各國標準內容制定的想法及差異，在此針對目前最新公佈的幾個國家的標準進行介紹，包括台灣、日本、歐洲等標準，說明如下：

(1) CNS 15466 「空氣源式熱泵熱水器之性能試驗法」[3]：

此為台灣國家標準，於 2011 年公佈，主要規範以空氣為熱源的熱泵熱水器產品之測試範圍與方法說明，規範消耗功率 12kW 以下的產品，且此產品可應用於商用或家用，必要量測項目包括額定與冬季加熱能力，建議試驗項目包括額定第一小時熱水供應量、儲水桶保溫性能、過負載、除霜能力、低溫啟動。

(2) JIS C9220「家庭用ヒートポンプ給湯機」[4]：日本工業標準，於 2011 年公佈，主要參考社團法人日本冷凍空調工業會(JRAIA) JRA 4050:2007 行業標準內容，以空氣為熱源，冷媒使用 CO<sub>2</sub> 或 HFC 冷媒之熱泵熱水器，介紹其性能量測方法，包括夏季、冬季及過度期之性能，並依使用人數不同，分為一般及少數使用者供水模式，來進行供水測試，包括全年供水性能測試、全年供水保溫性能測試、儲水性能、加熱性能等項目。適用範圍為冷

凍能力小於 11.58 kW 之 CO<sub>2</sub> 冷媒熱泵熱水器及冷凍能力小於 19.3 kW 之 HFC 冷媒熱泵熱水器。

(3) EN 16147「Heat pumps with electrically driven compressors — Testing and requirements for marking of domestic hot water units」[5]：

歐盟標準，於 2011 年公佈，取代舊版 EN255-3 標準，以空氣源或水源為熱源之熱泵熱水器產品，其性能量測方法分六個階段，從加熱時間、待機消耗功率、供水性能(供水需求量由小到大分別有 S,M,L,XL,XXL 5 種供水模式)、平均供水溫度與最大可用熱水量、溫度操作範圍、安全測試等試驗。並未規範產品能力範圍。

表 1. 各國標準內容差異分析

項目	台灣 CNS 15466	日本 JIS C9220	歐盟 EN 16147
適用範圍	1.型式：商/家用空氣源 2.消耗電量 < 12 kW	1.型式：家用空氣源 2.冷凍能力： • CO <sub>2</sub> 冷媒 < 11.58 kW • HFC 冷媒 < 19.3 kW	1.型式：家用空氣源、水源或或鹵水
性能量測	<b>著重主機加熱性能。</b> 其他為建議試驗項目，包括額定第一小時熱水供應量、儲水桶保溫性能、過負載、除霜能力、低溫啟動。	加熱性能、供水性能、全年供水性能、全年供水保溫性能，並依使用人數多寡分成有一般及少人供水(保溫)模式，進行性能測試。	考量系統運作時整體之性能，從開始到結束分成六個階段進行持續性的測試，同時依用水量不同分成 5 種供水模式之性能測試。
量測時間	約 1~2 天	約 3~4 天	約 4~5 天
標準儲水桶	有	無	無

由上述內容可知各國標準雖然皆於 2011 年公佈實施，但因適用範圍及對熱水使用情境不同而有不同測試程序，底下針對標準內容差異進行比較分析，由表 1 可知，我國標準的適用範圍擴大到商用設備，這與其他兩個國家不同。而性能量測

部份我國 CNS 15466 之性能量測是為主機加熱性能，係以設備的角度來進行量測，不論是直接加熱式、循環加熱式、或是靜態加熱式皆著重於主機加熱性能。而日本 JIS C9220 與歐盟 EN 16147 之性能量測則著重於使用性能，分別皆依其使用情況，有不同供水模式，其測試結果與實際使用情境相近較具參考價值，讓使用者於選購產品時，有參考之依據。但由於日本與歐盟之測試時間較長，廠商需花費較多費用、時間成本。CNS 15466 在量測循環加熱式及靜態加熱式熱泵熱水器時需搭配標準儲水桶，優點為桶內溫度量測結果較準確，缺點為量測實驗室需增加標準桶購買成本及增加放置空間。從上述可知，三個國家之熱泵熱水器性能檢測方法各有其優點，而我國與日本、歐盟性能量測最主要差異在於我國並無模擬使用情境之供水模式，此部份可提供予我國標準制定單位參考。

### 3. EN 16147 標準實測介紹

#### 3.1 試驗條件概述

CNS15466 標準內之各型式熱泵熱水器性能實測於[6]有介紹說明，本文針對歐盟 EN 16147 標準內容進行實測研究，以提供國內產、學、研各單位參考。EN 16147 標準之試驗環境條件的乾球溫度、濕球溫度分別為 7°C 與 6°C，本研究以循環加熱式熱泵熱水器為實測產品，主機製熱能力 5664 W，搭配 200 公升的儲水桶進行性能測試，儲水桶入水溫度為 10°C，出水溫度為 60°C，熱水流率依使用情況有 4 與 10 LPM，供水模式為 M 模式。

#### 3.2 試驗結果討論

EN 16147 之試驗程序包含六個主要階段：

- (1) 加熱時間(A)、(2) 待機消耗電功率(B)、(3) 供水性能係數(C)、(4) 平均供水溫度與最大可用熱水量(D)、(5) 溫度操作範圍(E1,E2)、(6) 安全測試(F)，如圖 2 所示，分別介紹如下：

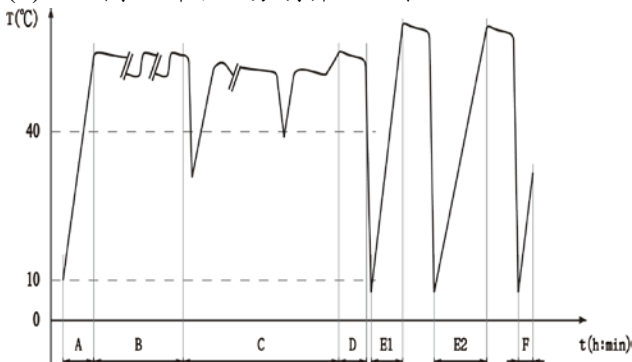


圖 2 EN16147 六階段試驗程序圖

- (1) 加熱時間

加熱時間試驗目的在於量測設備加熱熱水所需之時間及消耗電功率。試驗為量測加熱水從初始狀態至溫度感測器測到設定之終止溫度而使壓縮機停機之時間(t)，以及相對輸入功率(W)。主要獲得設備加熱性能。本試驗環境乾球溫度 7°C、濕球溫度 6°C，由圖(紅線)可知桶水溫由 10°C 加熱至 60°C，因環境溫度較低，從空氣中吸取到的熱量較少，熱泵主機的入水及出水(藍線與粉紅線)溫差約只有 1.5~3°C，因此，完成加熱至 60°C 需花費時間較長，約 3 小時。我國 CNS15466 標準之加熱性能試驗方法即與此階段相同，不同的是水的初始溫度為 15°C，終溫為 55°C。加熱時間長短影響使用者需等待多久才能使用到熱水。

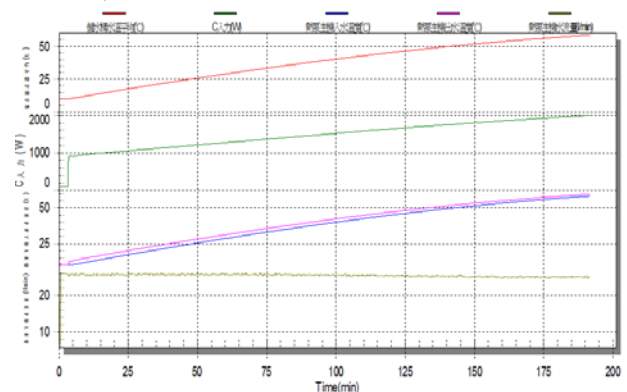


圖 3 加熱時間曲線圖

- (2) 待機消耗電功率

待機消耗電功率試驗目的在於試驗熱泵熱水器在待機狀態下，機組運轉所需耗電功率。試驗時設備無供應熱水且保持供電，設備會自動進行加熱循環，加熱循環設定依廠商內建設定，以獲取產品實際使用情況之耗電。此試驗至少運轉 48 小時，或包含 6 次加熱循環，於最後一次加熱循環時量測其時間與輸入功率，待機功率(kW)即為輸入電功率(kWh)除以待機時間(h)。

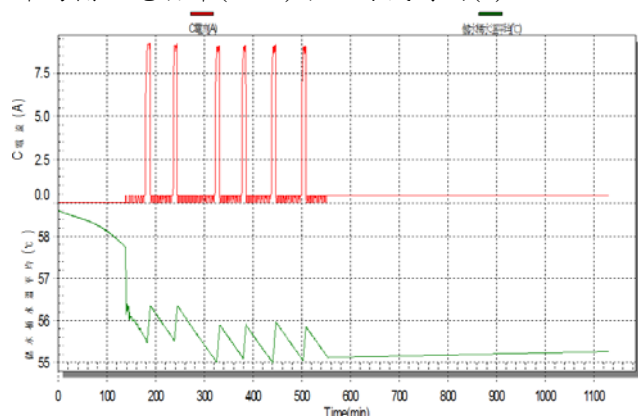


圖 4 待機消耗電功率曲線圖

主要可測得待機消耗電功率外，同時可測得儲水桶保溫性能。由圖可知，此階段才運轉 10



小時左右即完成 6 次加熱循環，不需花費到 48 小時，影響此時間長短的主要點在於熱泵熱水器起動再加熱的溫度高低，以及儲水桶的保溫性能，再加熱溫度愈低，儲水桶的保溫性能愈佳，測試時間就會愈長。

### (3) 供水性能

本試驗為藉由模擬設備 24 小時的使用情形，量測並計算其性能，包含有用熱能(useful energy)、消耗電能(electricity consumption)、與性能係數(COP)。標準內容定義五種供水循環情境（使用何種情境測試由廠商自行決定），分別為 S、M、L、XL、XXL，用水需求由少到多，每種模式的供水總能量(kWh)分別為 2.1、5.845、11.655、19.07、24.53kWh，此次以 M 模式進行測試。從圖可知(紅線)從上午 7 點到晚上 9 點 30 分共有 23 次供水，除二次模擬沖澡的水流率為 10 LPM 外，其他如洗手、碗盤清洗、家庭清潔等皆以 4 LPM 供水，23 次供水總能量為 5.845 kWh。供水使用方式可分為兩種類型：

- 有水盆的使用方式(泡澡、碗盤清洗、樓板清潔)：此目的是所供之水達到平均溫度即可，故從一開始供水，所有供水能量都可被當作有用。泡澡與樓板清潔之供水平均溫度須高於冷水溫 30K( $\Delta T_{\text{desired}}=30$ )，而碗盤清洗之供水平均溫度須高於冷水溫 45K( $\Delta T_{\text{desired}}=45$ )。
- 其他形式使用方式(譬如連續出水的供水(洗手、淋浴等))：供水溫度是達到冷水加上最小溫度差方為有用能量(最小溫差為  $\Delta T=15$  或 30)。

需特別注意的點為如碗盤清潔供水，其供水需求平均溫差需達  $\Delta T_{\text{desired}}=45\text{K}$ ，供水目的即在達到設定平均溫度，若達不到此平均溫度，此標準假定缺少的溫差由一額外的輔助電阻加熱器提供，需藉由公式計算後加入。

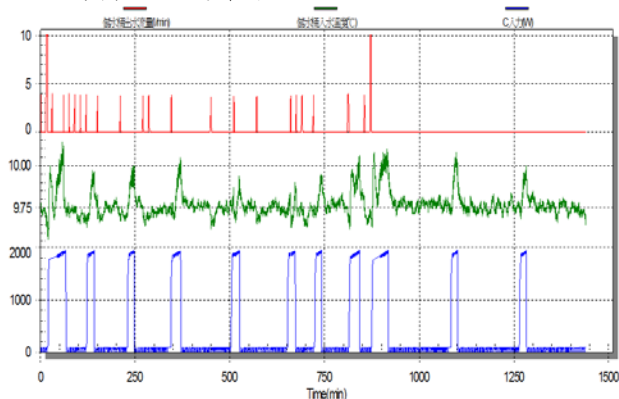


圖 5 供水性能曲線圖

### (4) 平均供水溫度與最大可用熱水量

本試驗在於量測設備自開始供給熱水至達到 40°C 之平均熱水溫度與總共可供給的最大熱水量。試驗開始於加熱水至達到額定終止水溫，此時開始有大量熱水持續流出，熱水流率設定為  $10 \pm 0.5 (l/min)$ ，熱水流出直到熱水溫度低於 40°C 為止，量測其入出水溫、熱水流率，再藉由公式計算出最大可用熱水量。主要目的在於給使用者進行選購時評估。由圖 6 所示，儲水桶入水溫度為 10°C，持續供水約 17 分鐘，直到水溫度到達 40°C 為止。此階段與 CNS15466 之一小時熱水供應量(建議測試項目)之測試目的相同。

### (5) 溫度操作範圍

溫度操作範圍試驗目的在於確認製造商所標示之溫度範圍內設備可正常且安全運轉，故製造商在機組操作上應提供一個設定範圍。此試驗步驟包含兩個加熱熱水時段，測試一是熱源溫度設定在最小值，測試二則是熱源溫度設定在最大值，同樣加熱水從初始溫度之最小值至設定終止熱水溫度之最大值。此項測試情境與 CNS15466 過負載、低溫啟動(建議測試項目)相同。

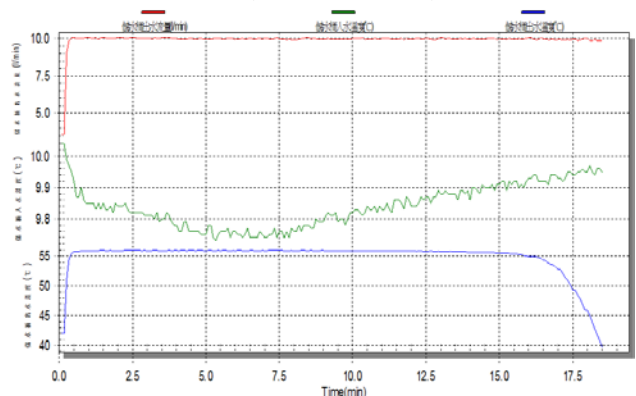


圖 6 最大可用熱水量曲線圖

### (6) 安全測試

安全測試之目的在於模擬故障，藉此檢查這些故障是否對元件造成損害，並確認保護裝置或警報器會作動。故障模擬包含：

- a. 切斷熱傳介質流向；
- b. 電源供應故障；
- c. 冷凝排水漏出。

此項測試為新增項目，可發現各國對熱泵熱水器產品系統安全性更加重視。本研究依上述三項故障模擬進行測試，設備皆無異常產生，第一項測試是使散熱風扇無法作動來模擬，第二項使設備突然斷電，第三項為設備運轉時觀察是否有冷凝水漏出的情況。

## 4. 結論

本文之目的在於藉由介紹目前各國最新版之熱泵熱水器性能標準，使讀者瞭解各國標準發展情況，同時進行 EN 16147 標準實測介紹，使讀者對於歐盟測試方法有更進一步的認識，並瞭解每項測試背後所代表的意義，以期設計者在設計產品時即考量產品性能及安全事項，以此觀念來設計，相信檢測程序只是進行確認。後續努力方向可針對 CNS15466 與 EN 16147 之實測結果進行比較說明，使讀者能更清楚標準的差異。

## 5. 誌謝

本研究承蒙國科會及經濟部標準檢驗局支持，編號 102-1403-05-葵-10-02 之計畫，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

## 6. 參考文獻

[1] IEA Technology Roadmap - Energy-Efficient

Buildings: Heating and Cooling Equipment, 2011.

- [2] 李宗興、陳雅玫、施世濠，空氣源熱泵熱水器性能檢測技術之研究，冷凍空調&能源科技，2012年2月。
- [3] CNS standard 15466，空氣源式熱泵熱水器之性能試驗法，經濟部標準檢驗局，2011。
- [4] JIS C9220，家庭用ヒートポンプ給湯機，日本工業規格，2011。
- [5] BS EN standard 16147, Heat pumps with electrically driven compressors — Testing and requirements for marking of domestic hot water units, CEN, 2011.
- [6] 徐筱琪、謝桂平、趙令裕，熱泵熱水器各種測試方法實測介紹，冷凍空調&能源科技，P33-40，2010年12月。