

經濟部標準檢驗局臺南分局 98 年度研究報告提要表		填表人：張慧棟 填表日期：98 年 11 月 30 日
研究報告名稱	家用瓦斯台爐使用性層面熱效率提升的探討	
研究單位 及研究人員	嘉義辦事處 張慧棟	研究 期程 自 98 年 01 月 01 日 至 98 年 11 月 30 日
報 告 內 容 提 要		
<p><b>一、研究緣起：</b></p> <p>1、家用瓦斯台爐為家庭廚房必備烹煮器具，且屬應施檢驗品目。</p> <p>2、為開放型燃燒器具，使用時易受場所環境及盛物容器等影響，熱損較多。</p> <p>3、國家標準 CNS13604 規定瓦斯台爐熱效率 40%以上，此為產品具有的品質結構特性，製造商依試驗條件所達成的產品要求。實際使用層面；燃燒性能的控制、適用的場所、鍋具及爐具型式的對稱方式，將影響整體使用熱效率。</p> <p><b>二、研究目的：</b></p> <p>1、藉由台爐爐架及鍋具型式之使用方式的探討，如何降低瓦斯台爐使用中的熱損，提高瓦斯能源使用效率。</p> <p>2、使製造商了解消費者使用台爐方式，讓產品在使用層面另有改善空間，也讓消費者知道產品的特性，經由不同型式鍋具的應用及台爐的正確使用方式，節省瓦斯消耗量。結合生產者與使用者各所需，提升台爐整體應用之熱效率。</p> <p><b>三、研究方法：</b></p> <p>1、家用燃氣台爐之功用與結構。</p> <p>2、燃氣爐具燃燒特性。</p> <p>3、台爐使用熱效率的探討。</p> <p>4、不同使用狀態熱效率的模擬測試。</p> <p>5、節能熱效率數值比較分析。</p> <p><b>四、研究發現：</b></p> <p>1、在節能政策的推行，台爐熱效率的提升不僅是製造廠家的問題，消費者正確的使用方式及場所的適用性更為重要。</p> <p>2、双口以上之台爐，廠商所提供的爐架之型式與消費者煮食所使用之鍋具型式，應適當的搭配，才能達到最佳熱效率。</p> <p>3、消費者烹煮食物的方式及量的多寡，與使用鍋具容積的大小及瓦斯旋鈕開關的控制，影響瓦斯消耗量及熱效率。</p> <p><b>五、建議：</b></p> <p>1、消費者選購台爐之安裝，應確認調整旋鈕控制火焰的燃燒狀態，並適當調整爐具內部燃燒器前端空氣調節門，使火焰之燃燒狀態呈藍色且不具浮火、紅火且火焰均勻挺直不擺動。</p> <p>2、針對煮食方式所使用之鍋具；平底鍋或炒菜鍋，搭配双口台爐不同高低型式之爐架。</p> <p>3、依煮食的方式及所需的食量選用適當容積之鍋具，且經由鍋具之底面積大小，控制瓦斯開關之火力，使火焰面積均勻分佈在鍋底面，並控制火力不使火焰溢出至鍋具外緣。對於食物的燉煮及燜煮方式，控制火力的大小至沸騰即可而不過度，將可節省瓦斯，提升熱效率。</p>		

## 目錄

壹、 前言	2
貳、 家用燃氣台爐之功用與結構	4
參、 燃氣爐具燃燒特性	7
肆、 台爐使用熱效率的探討	12
伍、 不同使用狀態熱效率的模擬測試	17
陸、 節能熱效率數值比較分析	24
柒、 結論	32
捌、 參考資料	33

## 壹、前言

日常家庭生活裡，使用器具耗費能源不外有水、電、瓦斯、油等。對器具與能源之使用如：油之於汽車、機車..。電之於照明燈具、電鍋、冷氣機、電視..。瓦斯之於瓦斯爐、燃氣熱水器..等。為確保未來能源用虛匱乏，降低能源危機的衝擊，政府在能源政策之推行，以開發替代能源及節約使用能源為主。在節約能源方面，實施節能標章認證制度，鼓勵廠商生產高效能產品，同時宣導消費者購用節能標章認證之產品，以確保日常生活所使用之器具能發揮最大效率。節能標章認證的取得，以產品使用效能檢測值規定，目的使廠商生產之產品，在使用上以最少能源達到符合規定效率值，如冷氣機、冰箱的 EER，瓦斯爐具的熱效率  $\eta$  值，汽車、機車的耗油比值等。

消費者在生活器具之使用是否達到產品節能之最大效率及由生產到使用過程，真正能符合節能功用者，不單是廠商需生產有效率的產品並取得節能標章認證，最主要還是長期使用之消費者要有正確的使用觀念。節能商品從製造出廠到使用過程間，廠商專注於產品效率提升，而使用者是否有正確使用觀念及定期維修保養，則是發揮其最大效率的關鍵。

本次著眼瓦斯台爐消費者使用之效率探討，基本上瓦斯爐使用丙

丁烷混合氣瓦斯，具有易燃、熱值高、儲放方便、燃燒後污染性低、乾淨且廣泛被使用於每個家庭。家庭用瓦斯爐主要供煮食及浴洗，在日常生活三餐裡，消費者用於煎、煮、烹、炒等最多。過程中，使用各等級尺度標準鍋，模擬消費者日常使用的可能狀況。而瓦斯台爐熱效率之檢測值係依據 CNS13604 在既有爐具及爐架上，使用標準平底鍋具量測而得。消費者購置後使用該爐具構造是不變的，但雙口以上爐具之爐架則有型式及高低的不同，以適應煮食所需之鍋具形狀。基於提升台爐熱效率及節省瓦斯使用量，消費者使用瓦斯爐火力調節的適當性及採用之鍋具與爐架的搭配性，影響瓦斯爐火焰與鍋具接觸面積及火焰溫度傳導的距離。況且瓦斯台爐在環境中使用是開放式的燃燒方式，火焰與鍋底接觸後順著鍋外圍而出，浪費很多熱源，與其它瓦斯器具熱效率比較更顯效率不足。

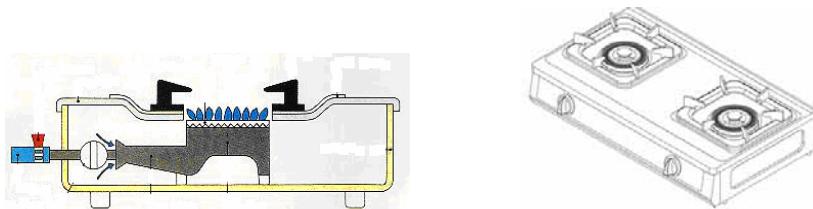
## 貳、家用燃氣台爐之功用與結構

### 一、功能與種類：

廚房飲食器具多樣化，隨烹食方式不同，使用器具型式也不同。所謂無炊不能食，有插電加熱、有燃燒瓦斯煮食。而瓦斯爐煮食是最快速、方便且可煮出美味可口食物的廚房主要器具，適用於家庭、營業餐廳。基本上家庭用燃氣台爐以燃氣源、材質、構造、操作、安裝等，可區分為下列 5 種：

- 1、使用燃氣別：有天然瓦斯爐、液化石油氣瓦斯爐等。
- 2、結構材質：鑄鐵爐、不鏽鋼爐、搪瓷爐等。
- 3、爐頭燃燒器：單口爐、雙口爐、多口爐、複合式爐等。
- 4、點火方式：電熱式點火爐、壓電式點火爐、引火式點火爐等。
- 5、安裝方式：檻面式爐、嵌入式爐等。

瓦斯爐主要功用為燃燒瓦斯，並控制瓦斯達到最佳燃燒狀態，所產生的藍色火焰，利用火焰的熱能，供消費者生活飲食所需。



燃氣台爐內外觀圖

### 二、瓦斯爐的構造：瓦斯爐組成主要零組件計：本體外殼、面板、爐架、承湯盤、燃燒器、瓦斯噴嘴、點火器、瓦斯開關、熄火

安全裝置等組成。爐體及面板為支撐煮食鍋具的重量，主要為金屬材質，需具有足夠強度，且內部空間需具有燃燒所需的空氣通道。面板中央部位為燃燒器位置，其上置有爐架及承湯盤，面板內部為瓦斯管路，連結瓦斯開關、點火器，開關出口端接噴嘴並導入燃燒器喉管入口，使噴嘴出口瓦斯經文氏管作用吸入空氣混合到燃燒器焰孔。爐體前飾板為瓦斯開關旋鈕及火力大小控制標示。針對該爐具與消費者使用且影響熱效率有關的主要主件如下：

1、燃燒器：燃燒器為構成爐具最重要部份，依燃燒方式可區分有本生式及紅火式。燃燒器係由爐頭、混合管及噴嘴組合而成，其尺度及孔徑影響爐具瓦斯消耗量。市面上以本生式居多，材質有銅、鑄鐵、不鏽鋼、鋁合金等。爐頭焰孔火環有一環、二環、三環，其中以二環居多，各環之前皆各有喉管及噴嘴。爐頭型狀有環形、細縫形、格狀形，以環形居多且有整體式及可拆式。燃燒時呈現的火焰如開展花瓣，有喇叭型、圓筒型、錐型等。



整體式環型爐頭



可拆式環型爐頭



喉管與噴嘴

2、 爐架：其尺寸規格配合燃燒器大小及使用鍋具；平底鍋、炒菜鍋等型式的高低。材質需具耐火焰高溫的金屬材質，且有足夠強度承受重量，並可穩定安置在面板上。安裝後須使鍋底與面板間有充份的空間，供排出燃燒廢氣及導入二次空氣之距離。



平底鍋爐架



煎炒鍋爐架

3、 鍋具：依煮食方式不同，鍋具型式亦不同，依爐具火力大小及爐架高低，鍋具尺寸規格亦不同；如炒菜鍋、湯鍋、煎鍋、水壺等。鍋具使用時需能安穩放在台爐之爐架上。基本上鍋具型式，依底面積形狀分為圓弧形、平底形。鍋具本身是一個容器也是食物加熱的傳導件，因此它的材質及厚度影響火焰溫度的傳熱速度及煮食的快慢，與爐架搭配之距離亦同。鍋具之材質最主要是可分為三類：(1)鐵基材質鍋具：如不鏽鋼、鑄鐵等、(2)鋁製鍋具、(3)複合鍋具：如不鏽鋼/鋁/不鏽鋼多層鍋等。



各式鍋具

## 參、燃氣爐具燃燒特性：

### 一、瓦斯燃料特性：

燃料型態可分固體、液體、氣體，燃料主要化學成份為碳 (C)

與氫 (H) 元素。目前家庭台爐使用氣體燃料瓦斯；可分為液化

石油氣及天然氣二大類。而液化石油氣為家用台爐主要燃料；簡

稱為 LPG。一般液化石油氣在常溫、常壓下為氣體狀態，以加壓

方式將其液化儲存在瓦斯桶內，使運送及儲放方便。LPG 較其它

燃料有更高的發熱值，且燃燒較完全，唯需較高的安全設備，防

止洩漏引起火災。瓦斯桶內壓力隨充填氣體種類及環境溫度條件

而異，當桶內瓦斯蒸氣壓低於飽和蒸氣壓，即表示桶內已無液態

LPG。下列為家用燃氣台爐使用之燃料丙、丁烷瓦斯的物理、化

學及蒸氣壓值 (Mpa) 特性：

丙、丁烷物理及化學特性 (表 3-1)

LPG	分子式	分子量	液體比重 水=1 15 °C	氣體比重 空氣=1 15 °C	蒸氣壓 kg/cm <sup>2</sup> 20 °C	沸點 1atm 0 °C	蒸發潛熱 kcal/kg	總熱量 kcal/kg 25 °C
正丁烷	C <sub>4</sub> H	58	0.584	2.071	2.0	-0.5	92.09	11832
異丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0.563	2.007	2.95	-11.	87.56	11979
丙 烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0.508	1.548	8.0	-42.	101.8	12034

丙、丁烷不同溫度下的蒸氣壓/Mpa 表（表 3-2）

溫度/°C	丙烷	正丁烷	異丁烷
-20	0.232	0.045	0.069
-15	0.253	0.055	0.086
-10	0.332	0.067	0.105
-5	0.391	0.082	0.126
0	0.457	0.100	0.150
5	0.533	0.121	0.179
10	0.617	0.143	0.211
15	0.711	0.171	0.247
20	0.817	0.201	0.288
25	0.933	0.235	0.335
30	1.06	0.275	0.387
35	1.20	0.318	0.433
40	1.36	0.367	0.503
45	1.52	0.421	0.579
50	1.71	0.481	0.656

(1Mpa=10kg/cm<sup>2</sup>)

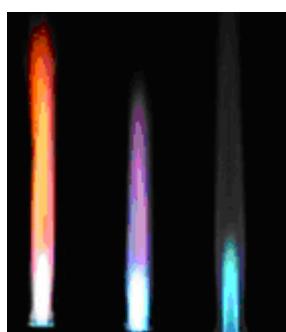
## 二、火焰的形成：

火焰是燃燒所呈的現象，它的產生和維持必須有三個要素：燃料（可燃物）、空氣（氧氣）、適當溫度（熱）。人為控制下的燃燒現象，係指燃料和空氣在適當環境（組成、溫度、壓力）下進行之放熱化學反應，此一化學反應以火焰呈現出來，其所產生的光、熱可以轉換成動力或熱源。瓦斯的引燃行為和燃燒現象皆發生於氣相狀態，它取決於瓦斯燃料和氧氣的混合比例，此一混合比例在可燃極限範圍內，一個強度很小的火源就足以將其引燃，反之，混合比在可燃極限範圍外，引燃行為將不易產生，可燃極限也會隨著環境的溫度和壓力而改變。可燃極限範圍的上限

和下限，是以瓦斯相對於氧氣和氮氣混合氣的比例來界定，超出上限（瓦斯過多）或低於下限（瓦斯太少），燃燒火焰將無法自行存在。

### 三、火焰的溫度：

不同的燃料燃燒所產生的溫度是不同的，其火焰之顏色亦不同，但決定因素並不是燃料本身的"質"，而是它能產生出來的"能"供作功。相同的燃料在不同的環境下，火焰的顏色也會有差異。以家用瓦斯爐為例，爐體內部燃燒器有一個空氣調節孔，如果瓦斯跟空氣混合正確的話，其火焰是藍色帶點黃頭，若空氣混合不足時，燃燒不完全則紅黃火。台爐本生式燃燒方式需一次空氣與瓦斯混合燃燒及火焰孔燃燒周圍所需的二次空氣。本生式燃燒器火焰大致可分二部份，內焰具圓錐狀、淡藍色，又稱還原焰。外焰呈現在內焰外側錐狀、青藍色，屬氧化焰。火焰中最高溫度之位置在內焰錐上方。理論火焰溫度丙烷  $2150^{\circ}\text{C}$ 、丁烷  $2200^{\circ}\text{C}$ 。



本生式火焰

火焰顏色之溫度值：紅色( $200^{\circ}\text{C}-350^{\circ}\text{C}$ )、黃色( $460^{\circ}\text{C}-570^{\circ}\text{C}$ )、白色( $740^{\circ}\text{C}-1150^{\circ}\text{C}$ )、藍色( $2500^{\circ}\text{C}$ 以上)。

#### 四、瓦斯爐燃燒作用：

家庭用台爐皆屬開放型燃燒方式，瓦斯消耗量小，燃燒廢氣直接排出於使用場所。因此使用場所需具有通風及排氣良好設施，將廢氣排出，確保室內人員安全。瓦斯爐具燃燒方法，依空氣與瓦斯混合方式及比率之分類計：本生式燃燒法、半本生式燃燒法、紅火式燃燒法、全一次空氣式燃燒法。家庭用台爐的燃燒器具大部分屬於本生式燃燒法，有關本生式台爐燃燒方式作用原理如下：經由瓦斯管路送來之瓦斯，經旋鈕開關控制大小，由噴嘴孔噴入燃燒器喉管產生吸引效果，將一次空氣由調節門導入混合管，使瓦斯與空氣充分混合，再流經爐頭由焰孔噴出而燃燒，此時再由火焰周圍獲取燃燒所需的空氣，稱為二次空氣。其空氣比率：一次空氣 40~70%，二次空氣 30~60%。

#### 五、瓦斯燃燒方程式：

##### 1、丙烷( $C_3H_8$ ) 完全燃燒方程式：



1 莫耳體積丙烷燃燒需 5 莫耳氧，產生 3 莫耳二氧化碳及 4 莫耳水蒸氣，並產生 530 Kcal 熱量。

空氣組成體積比：氧 21%，氮 78%，氬 1%

因此；1 莫耳體積丙烷完全燃燒所需理論空氣量：

$$100 \div 21 \times 5 = 23.8 \doteq 24 \text{ 倍}$$

即；1 莫耳體積丙烷完全燃燒需 24 倍空氣量。

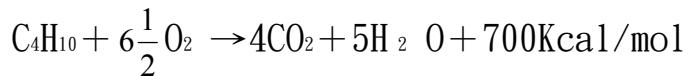
丙烷完全燃燒發熱量：

$$1 \text{ kg C}_3\text{H}_8 (\text{分子式 } 44) \text{ 發熱量為 } \frac{1000g}{44g} \times 530 \text{ Kcal} \doteq 12000 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ C}_3\text{H}_8 (\text{氣態}) \text{ 發熱量為 } \frac{1000l}{22.4l} \times 530 \text{ Kcal} \doteq 23660 \text{ Kcal}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 \text{ 氣體密度 } \frac{44g}{22.4l} = 1.96 \text{ g/l}$$

2、丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) 完全燃燒方程式：



1 莫耳體積丁烷燃燒需 6.5 莫耳氧，產生 4 莫耳二氧化碳及 5 莫耳水蒸氣，並產生 700 Kcal 熱量。

因此；1 莫耳體積丁烷完全燃燒所需理論空氣量：

$$100 \div 21 \times 6\frac{1}{2} = 30.95 \doteq 31 \text{ 倍}$$

即；1 莫耳體積丁烷完全燃燒需 31 倍空氣量。

丁烷完全燃燒發熱量：

$$1 \text{ kg C}_4\text{H}_{10} (\text{分子式 } 58) \text{ 發熱量為 } \frac{1000g}{58g} \times 700 \text{ Kcal} \doteq 12070 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10} (\text{氣態}) \text{ 發熱量為 } \frac{1000l}{22.4l} \times 700 \text{ Kcal} \doteq 31250 \text{ Kcal}$$

$$\text{C}_4\text{H}_{10} \text{ 氣體密度 } \frac{58g}{22.4l} = 2.59 \text{ g/l}$$

## 肆、台爐使用熱效率的探討

國內能源百分之八十以上仰賴進口，節約能源是目前非常重要的課題。針對能源器具的使用，提升熱效率是當務之急。有關燃氣台爐幾乎每個家庭必備且與飲食有關。政府為提倡節約能源，推行多種家用器具產品”能源標章”之制度，做為廠商提升產品品質及消費者選購認知，含家用燃氣台爐及燃氣熱水器。

### 一、家用燃氣爐具熱效率比較：

同屬家用燃氣器具；燃氣台爐及燃氣熱水器，兩者為何熱效率差異甚多。燃氣台爐與燃氣熱水器依國家標準規定熱效率分別須達 40% 與 70% 以上，能源標章則 45% 與 82.5% 以上。以下對兩者分析比較：

表 4-1

性質		器具	熱水器	瓦斯爐
相同點	燃料	丙丁烷/天然氣	丙丁烷/天然氣	
	介質	水	水、食物	
	加熱	直接加熱	直接加熱	
相異點	用途	洗澡	炊煮	
	加熱方式	排列式燃燒器火焰、水經銅管 → 水箱爐膛 → 熱交換器 → 出水管 → 浴室。 流動質，單位量水由爐具入口至出口受熱時間長。	圓形分佈爐頭燃燒器、爐架、鍋具。 固定量水，單位時間短，火焰加熱鍋底即逸出。	

	型式構造	半密閉式	開放式
容器對象	水管、熱交換器、水龍頭	各式鍋具	
熱效率測試	水壓 $1\text{kg/cm}^2$ 、水量、溫升、時間、瓦斯流量	標準鍋、定量水、溫升 $50^\circ\text{C}$ 、瓦斯流量	
安裝地點	室外	室內	
火力要求	經常不變	隨煮食需求而變	
消耗量	21KW	0.3kg/h / 每爐口	

兩者主要差異：

- 1、型式構造：燃氣台爐為開放式燃燒方式，燃燒器所生成的火焰熱能曝露在外與冷空氣接觸，部份火焰加熱鍋具、其它隨廢氣排出。燃氣熱水器為半密閉式，燃燒器及受熱介質水被外殼包覆，火焰熱被充份利用後，再從頂部的排氣口排出廢氣，且所需空氣有預熱效用。
  - 2、加熱方式：台爐燃燒器火焰加熱鍋具後，直接從鍋底緣排出，加熱介質的時間短。燃氣熱水器受熱介質在燃燒器爐膛盤旋預熱後，再經熱交換器 U 形管加熱後輸出，因此火焰熱對介質加熱的時間較長。
  - 3、容器造形：台爐容器為鍋具，除底面積為受熱面，其它鍋壁及鍋蓋為散熱面，熱損較多。熱水器容器為銅管外披加熱片，迂迴在燃燒器周圍及上端，充份利用熱。
- 台爐能源效率，除本身製造時所達到熱效率品質外，使用者煮食的變動性及環境氣流影響熱效率品質。此道理與冷氣機 EER 於室內空間使用方式，內部環境的變動性相同。

## 二、台爐熱效率測試方式及計算：

### 1、測試方式：

- (1)、首先量測台爐燃氣消耗量，依燃氣消耗量規格值，取用試驗用標準鍋具內盛規格等級之水量，擱放於台爐燃燒器上，使用丙烷壓力  $280\text{mmH}_2\text{O}$ ，器具開關全開並調整最佳燃燒狀態。
- (2)、將盛水之標準試驗鍋，蓋上鍋蓋點燃燃燒器，當水溫升至較初溫高  $45^\circ\text{C}$  時，開始用攪拌器攪器水，至溫升至  $50^\circ\text{C}$  時即停止供應燃氣，繼續攪伴直到最高溫度止，作為水溫升值，同時量測試驗中之燃氣消耗量，代入熱效率公式計算。
- (3)、過程中，標準鍋具需加鍋蓋，並予中央處插入溫度計，其球部浸入水中，攪拌器在直徑  $1/4$  位置處。
- (4)、試驗用水開始溫度與室溫大約相同。
- (5)、測試要在同一條件下做二次，取平均值作為規定之熱效率值。

### 2、計算公式：

試驗用燃氣之條件丙烷  $280\text{mmH}_2\text{O}$ 。

試驗室溫度  $20 \pm 15^\circ\text{C}$ 。

試驗室濕度  $\text{RH}65 \pm 20\%$ 。

室內環境二氧化碳  $0.2\%$ 以下，一氧化碳  $0.002\%$ 以下。

$$\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q} \times \frac{273 + T_g}{273} \times \frac{760}{B + \frac{P_m}{13.6} - S} \times 100$$

$\eta$ ：熱效率 (%)

M：用於加熱試驗之水質量

C：用於加熱試驗之水比熱 (1kcal/kg. k)

$T_2$ ：被加熱水之最終溫度 (°C)

$T_1$ ：用於加熱水之初溫 (°C)

V：實測燃氣之消費量 ( $m^3$ )

Q：燃氣之總發熱量 (kcal/ $m^3N$ )

$T_g$ ：做測試時在燃氣流量計內之燃氣溫度 (°C)

B：測試時之大氣壓 (mmHg)

$P_m$ ：測試時燃氣流量計內之燃氣壓力 (mmHg)

S：溫度  $T_g$  °C 時之飽和水蒸氣壓 (mmHg)

### 三、消費者使用台爐能源效率作業方式。

1、消費者使用台爐是否達到型式產品所標示之熱效率，未點火使用

前確認之條件：

(1)、合格產品，貼有商品檢驗合格標識，完整的中文標示及使用說

明書。

(2)、台爐使用之瓦斯的類別；液化石油氣或天然氣，是否符合廚房

燃氣所需。

(3)、使用桶裝液化石油氣，調整器壓力是否適用 280mmH<sub>2</sub>O 規格。

(4)、瓦斯壓力調整器出口至台爐接口之管路，是否過長、撓曲造成

管內壓降，使供應台爐之瓦斯壓力不足。

(5)、自瓦斯桶至台爐開關處氣密性良好，基本確認管路接合牢固無

瓦斯異味，可使用肥皂泡沫檢查。

2、消費者使用台爐，點火使用之確認：

- (1)、確認爐頭火焰無紅火、無浮火，燃燒狀態正常。
- (2)、再確認爐具本體氣密性良好，開關處至燃燒器間無瓦斯洩漏。
- (3)、調整燃燒器空氣調節板入口開度，使爐頭火焰均勻穩定在焰孔上燃燒並呈藍色火環。

## 伍、不同使用狀態熱效率的模擬測試：

前章節台爐產品品質確認後，消費者依煮食所需，選用適當型式鍋具搭配適用的爐架規格、依煮食方式適當操作旋鈕開關控制火力。使用的方式適當與否，將影響台爐能源效率，也是本專題要探討的主題，期能對消費者有所助益。

### 一、測試設備：

表 5-1

名稱	規格/刻度	用途
標準鍋	18~28cm	試驗用鍋，供燃燒狀態、熱效率
溫度計	0~100°C / 1°C	測水溫
水位壓力計	0~800mmH <sub>2</sub> O / 1mm	設定瓦斯壓力
電子式壓力計	0~2000 mmH <sub>2</sub> O / 1mm	設定瓦斯壓力
攪拌器	附於標準鍋	均勻水溫
濕式流量計	1L/REV / 0.01L	測瓦斯流量
磅秤	0~6kg / 1g	秤水量
可調式爐架	自製	設定鍋具與爐頭火焰高度
環形擋板	自製	二次空氣控制
鋼尺	0~45cm / 1mm	試驗用尺度量測
台爐	單口 (0.27kg/h)	測試熱效率
燃氣	丙烷	燃燒試驗用

## 設備圖：



熱效率測試



電子式壓力計



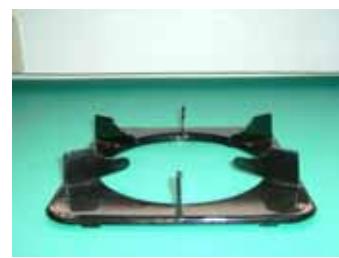
濕式流量計



標準鍋



平鍋爐架



炒鍋爐架



可調式爐



攪拌器、溫度計



台爐

## 二、測試方式：

欲測試台爐燃氣熱效率，需先知道爐具燃氣消耗量。燃氣消耗量檢測值依 CNS13604 執行，該標準測試方式，依實測所得燃氣消耗量，擇用等級尺度標準鍋具及裝盛規定水質量，執行熱效率測試。本次探討家用台爐於不同狀況使用所產生的熱效率值，且利用鍋具的大小、爐架的高低、火力開關的控制、鍋具擺放位置等的差異性及比較性方式，模擬消費者在上述之狀況下，使用

瓦斯台爐所得之熱效率值與正常狀況使用熱效率值之差異。每一狀況類型過程中，以同一環境狀況及同一時段測試，因此熱效率計算之環境影響修正值省略。為不影響結果，每一次測試前待爐具及器具回至常溫。下列為模擬測試前，樣品”燃氣消耗量”檢測計算：

表 5-2

產品消耗量	0.271kg/h
鍋具	26cm
燃氣	丙烷
燃氣壓力	280mmH <sub>2</sub> O
實測燃氣使用量：V	2.25 L/分

樣品台爐燃氣消耗量：

$$Is = (\text{kg}/\text{h}) = 2.35 \times \sqrt{\frac{1.55}{1.82}} \times Vax \times \frac{273}{293} \times \frac{760 + \frac{280}{13.6}}{760} \times \frac{B + \frac{280}{13.6}}{B + \frac{280}{13.6}} \times \sqrt{\frac{\frac{293}{273 + 31.5} \times \frac{760 + \frac{280}{13.6} - \left(1 - \frac{0.622}{1.55}\right)34.7}{760 + \frac{280}{13.6}}}{60}} = 2.009 \times Vax \times \frac{60}{1000}$$

$$= 2.009 \times 2.25 \times \frac{60}{1000} = 0.271\text{kg/h}$$

da：燃氣比重；丙烷 1.55

Va：實測燃氣消耗量（2.25 l/min）

Ps：燃氣標準壓力 280mmH<sub>2</sub>O

Pm/Pi：燃氣流量計內燃氣壓力（即水柱壓力計之壓力）(280mmH<sub>2</sub>O)

t：燃氣流量計內燃氣溫度（31.5°C）

B：測定時之大氣壓（760mmHg）

S：溫度 t°C 時流量計內燃氣壓力（34.7mmHg）

### 三、模擬試驗測試類型：

#### 1、爐架高度差：

測試作業；使用平底鍋用之爐架，於四角隅裝置 4 支可調節高度螺絲（如設備圖），配合鋼尺量測所設定的測試高度，以 26cm 標準鍋從最低位置起，每調高 1cm 測試熱效率變化如下：

表 5-3

模擬型態	火焰狀況	熱效率 $\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q}$
正常爐架高度	藍色火焰環斜外張分佈 鍋底	$49.4\% = \frac{4.4 \times 1(51^\circ C)}{18.67 \times 24320}$
爐架上升 1cm (A)	同上；火焰環略內聚	$46.9\% = \frac{4.4 \times 1(51^\circ C)}{19.66 \times 24320}$
爐架上升 2cm (B)	同上；火焰環尾略偏直	$44.7\% = \frac{4.4 \times 1(51^\circ C)}{20.66 \times 24320}$

#### 2、鍋具大小：

測試作業；使用比標準鍋小一級數及大一級數尺度鍋具，並以小一級數測試的水量為基準，比較使用同水量、同爐架（平底鍋用）、不同尺度大小鍋具熱效率的差異如下：

表 5-4

模擬型態 (水：3.2kg)	火焰狀況	熱效率 $\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q}$
24cm 鍋具	火焰尾達鍋緣	$50.9\% = \frac{3.2 \times 1(51.5^{\circ}c)}{13.32 \times 24320}$
26cm 鍋具（標準鍋） (A)	火焰尾達鍋緣	$48.6\% = \frac{3.2 \times 1(52^{\circ}c)}{14.09 \times 24320}$
28cm 鍋具 (B)	火焰尾未達鍋緣	$48.5\% = \frac{3.2 \times 1(52^{\circ}c)}{14.1 \times 24320}$

## 3、鍋具放置偏移：

測試作業；依台爐燃氣耗氣量規格，使用 26cm 標準鍋具，將鍋具放置平底鍋用爐架，一定的燃氣壓，同一環境狀況測試，鍋具置於爐架中央位置及偏移中央左側 1.5cm 及 3cm 不同位置點，鍋具底面積與爐具火焰燃燒面積接觸分析之情形如下：

表 5-5

模擬型態 (平底鍋用爐架)	火焰狀況	熱效率 $\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q}$
鍋具中心對正爐頭中央	火焰斜張狀分佈鍋底	$52.1\% = \frac{4.4 \times 1(51^{\circ}c)}{17.71 \times 24320}$
鍋具中心偏爐頭左側 1.5cm (A)	同上，但已延伸至右測鍋緣邊	$53.1\% = \frac{4.4 \times 1(51^{\circ}c)}{17.37 \times 24320}$
鍋具中心偏爐頭左側 3cm (B)	同上，但已延伸至右測鍋緣順著鍋壁	$51.3\% = \frac{4.4 \times 1(51^{\circ}c)}{17.98 \times 24320}$

## 4、不同大小鍋具與相異爐架搭配測試：

測試作業；一般雙口以上爐具附有不同型式爐架，提供消費者不同烹飪方式即鍋具不同。本類型將不同尺度之標準鍋，放入平底鍋爐

架及炒菜鍋用爐架，其鍋底與火焰接觸距離及分佈面積效能比較：

表 5-6

鍋具 (cm)	平底鍋爐架		炒鍋爐架	
	$\eta$	火焰距離	$\eta$	火焰距離
26	50%	火焰斜張狀尾端在鍋底範圍內	47.9%	同左
22 (A)	43.5%	火焰沿鍋底緣順鍋壁達 1/5 鍋高	43.6%	同左
18 (B)	37.6%	火焰尾端沿鍋底緣順鍋壁達 1/3 鍋高	39.2%	同左

### 5、燃氣開關控制：

作業測試；一般台爐火力控制以旋鈕開關逆時針  $180^\circ$  控制，由開始壓入逆轉點火後著火。火力控制旋鈕逆轉  $0^\circ$  至  $90^\circ$  小火  $\rightarrow$  大火，再逆轉  $90^\circ$  至  $180^\circ$  則大火  $\rightarrow$  小火之順序變化。當逆時針到底 6 點方位火力最小，只有燃燒器內環焰孔著火。逆時 9 點方位火力最大，燃燒器內環及外環焰孔皆著火。因此烹飪的煎、煮、炒、炸方式及鍋具型式的使用，需合旋鈕開關火力的控制，達到節能的熱效率如下：

表 5-7

模擬型態	火焰狀況	熱效率
旋鈕全開 (9 點方位)	內外環大火	$\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q}$ $52.1\% = \frac{4.4 \times 1(51^\circ c)}{17.71 \times 24320}$
旋鈕半開 (8 點半方位) (A)	內外環中火 火焰微飄直上，未到鍋緣	$53\% = \frac{4.4 \times 1(50^\circ c)}{17.07 \times 24320}$

旋紐小開 (7 點方位) (B)	內環火焰斜開 外環無火焰	$66.8\% = \frac{4.4 \times 1(50^\circ c)}{13.55 \times 24320}$
---------------------	-----------------	--

## 6、二次空氣受阻：

作業測試；台爐屬本生式燃燒原理，燃燒過程需由噴嘴處導入一次空氣及爐頭燃燒所需周圍的二次空氣。比較正常燃燒、二次空氣量受阻變化情形，利用圓形擋板的大小，罩住鍋底周圍處控制比較：

表 5-8

模擬型態	火焰狀況	熱效率 $\eta = \frac{M \times C(T_2 - T_1)}{V \times Q}$
正常消耗量及標準鍋具	火焰斜外張呈藍色火焰	$50\% = \frac{4.4 \times 1(51.5^\circ c)}{18.6 \times 24320}$
燃燒器爐頭火焰隔熱 (A)	具藍色火焰無異常，火焰微斜順鍋底平行	$52.2\% = \frac{4.4 \times 1(51^\circ c)}{17.65 \times 24320}$
燃燒器爐頭二次空氣導入受阻 (B)	同上	$51.5\% = \frac{4.4 \times 1(52^\circ c)}{18.26 \times 24320}$

以上為 6 種類，各種類型同一環狀況測況測試比較表。

## 陸、節能熱效率數值比較分析：

### 一、針對前章節 6 種試驗類型分析：

#### 1、爐架高度差：(依表 5-3)

(1)、台爐於正常高度爐架、標準鍋具、標準瓦斯壓力、最大火力控制，火焰呈斜張狀分佈在鍋底面積並與藍色焰尾接觸。

(2)、調升爐架高度，藍色火焰與鍋底面接觸距離愈遠，高溫火焰對鍋具傳導之能力減弱，火焰與鍋底距離隨爐架而增大空間，使火焰燃燒方向隨空間擴大，鍋底背壓減低漸趨直線上升。

(3)、依測試結果；該台爐燃燒熱效率於正常高度 $\rightarrow 49.4\%$ ，鍋底升高 1cm $\rightarrow 46.9\%$ ，升高 2cm $\rightarrow 44.7\%$ ，顯示爐架高度的增加，降低台爐燃燒熱效率。



同鍋具平鍋爐架與炒鍋爐架高度差

#### 2、鍋具大小：(依表 5-4)

(1)、鍋具愈大則底面積大，表面積亦大。爐具一定的火焰燃燒面積及開放式的燃燒型態，將使鍋壁及上蓋增加表面積散熱的能力。

(2)、鍋具使用熱效率 24cm $\rightarrow 50.9\%$ ，26cm $\rightarrow 48.6\%$ ，28cm $\rightarrow 48.5\%$ 。

(3)、上述顯示不同大小鍋具，定額的燃燒熱能，加熱同一質量的水，

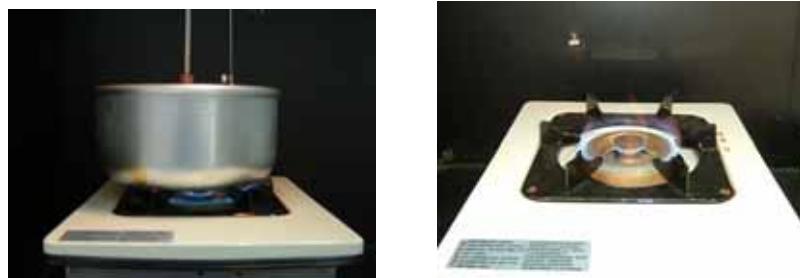
鍋底面積愈大，超出爐具燃燒火焰面積涵蓋範圍，將降低燃燒熱效率，主要原因鍋具表面的散熱及鍋底加熱面積減小。



同爐架不同鍋底涵蓋面

### 3、鍋具偏移放置：(依表 5-5)

- (1)、由火焰面積接觸情形，鍋具於爐架中央位置，火焰燃燒呈斜張狀分佈在鍋底面積範圍內。
- (2)、鍋具偏離中央左側 1.5cm，則火焰延伸至右測鍋緣邊，仍在底面積範圍內。
- (3)、鍋具偏離中央左側 3cm，火焰已延伸至右測鍋緣順著鍋壁而出，部份火焰已超出鍋底面積範圍外，另左側則未達鍋緣。
- (4)、此一結果，鍋具中央位置燃燒熱效率達 52.1%，偏移 1.5cm→53.1%，偏移 3cm→51.3%，顯示燃燒火焰偏離鍋底面積外，將使熱效率降低，但偏移一些仍涵蓋在鍋底範圍內則熱效率升高。觀測鍋底偏移 1.5cm，鍋底緣曲形表面積與藍色火焰增加接觸面積的傳熱能力。



火焰燃燒方向

#### 4、不同大小鍋具與相同爐架搭配測試：(依表 5-6)

(1)、18cm 標準鍋放入平底鍋爐架及炒鍋爐架比較，炒鍋爐架之鍋

底距爐頭火焰距離近，熱效率  $39.2\% >$  平底鍋爐架  $37.6\%$ 。

(2)、22cm 標準鍋放入平底鍋爐架及炒鍋爐架，兩者鍋底距爐頭火

焰距離約相等，燃燒熱效率  $43.5\%$  及  $43.6\%$  趨於一致。

(3)、26cm 標準鍋放入平底鍋爐架及炒鍋爐架，反而平底鍋爐架之

鍋底接近爐頭火焰距離。平鍋爐架燃燒熱效率  $50\% >$  炒鍋爐架

$47.9\%$ 。

(4)、由上述比較且過程觀測之，使用 18、22cm 小鍋具，燃燒火焰

已由鍋底面沿鍋壁而出，未能充分有效加熱鍋具，而浪費熱能逸

出。

(5)、整體比較不同鍋具大小，燃燒熱效率 18cm ( $37.6\%$ 、 $39.2\%$ )

$<$  22cm ( $43.5\%$ 、 $43.6\%$ )  $<$  26cm ( $50\%$ 、 $47.9\%$ )。

(6)、不同鍋具放入平底鍋爐架及炒鍋爐架，總高度比較如下：

表 6-1

單位：cm

標準鍋具	平鍋爐架高度	比較	炒鍋爐架高度	高度差
ø 18cm	11.7	>	11	0.7
ø 20cm	12.7	>	12.5	0.4
ø 22cm	13.8	=	13.8	0
ø 24cm	14.6	<	15	0.4
ø 26cm	15.8	<	16.4	0.6



鍋具與爐架搭配燃燒面積

## 5、燃氣開關控制：(依表 5-7)

火力的大小影響煮食的時間，消費者對煎、煮、炒、炸等方式所期望的火力不同。以開放式台爐的燃燒方式，瓦斯燃燒鍋具時，熱的能量有燃燒供應熱、鍋底吸收熱及鍋壁散發熱，隨爐具型式將使鍋具產生不同熱能的變化。本型式以標準鍋的條件，使用小火力、中火力及大火力做比較如下：

(1)、使用同一標準鍋具，同一質量水，溫升 50°C，調節同樣的瓦斯壓力，瓦斯開關全開大火熱效率 49.4%、半開中火 53%、微開小火 66.8%。

(2)、過程觀測之，旋鈕全開大火，火焰有往外擴散現象，並順貼鍋

底而逸出，環狀火焰方向呈外斜張狀。

(3)、隨著瓦斯開關調小，火焰略呈垂直方向，且火焰尾端有搖擺現

象，環狀火焰在鍋底範圍內。

(4)、當瓦斯開關在小火，水溫升時間延長。對使用鍋具大小及裝盛

內容物量的多寡，將影響溫升及煮食時間，甚至大容鍋具，在開

放式台爐，鍋具的吸熱與散熱能力比，將造成溫升能力不足，無

法達到煮食要求。

(5)、當瓦斯壓力固定，旋鈕開關控制大小，管內瓦斯壓力產生

3~4mmH<sub>2</sub>O壓差波動，關小爐頭火焰動能部份轉為壓力能，致微升

壓。



旋鈕開關火力控



二次空氣阻隔

## 6、二次空氣受阻：(依表 5-8)

(1)、使用平底鍋爐架， $\phi 26CM$  標準鍋，可調節環狀檔板，具有阻

隔火源外逸，且能控制二次空氣進氣空間。

(2)、正常燃燒熱效率 50%，適度的二次空氣受阻，具有隔熱效果，

環狀火焰微內聚，順鍋底平行而出，燃燒熱效率 52.2%。當二次

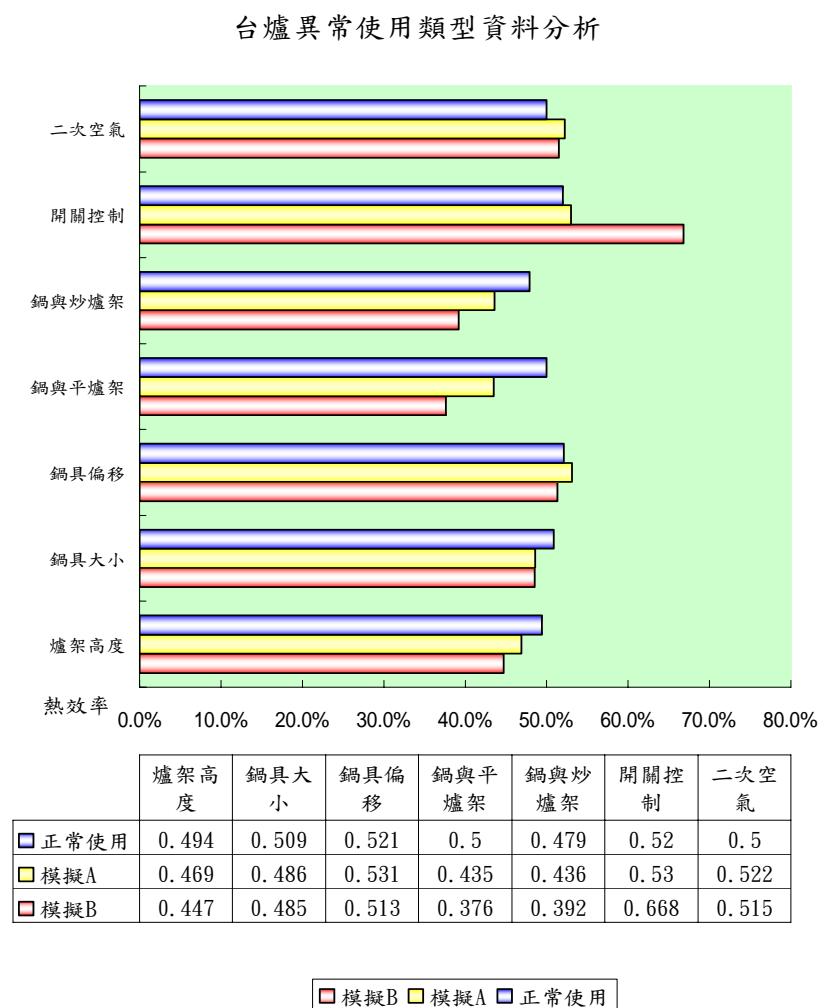
空氣盡乎完全阻隔，火焰呈微紅，且管內瓦斯壓略微升

$2\sim3\text{mmH}_2\text{O}$ ，燃燒熱效率 51.5%。

(3)、以本生式台爐燃燒方式二次空氣導入處及適當的擋板阻隔，具有隔熱效應且提升熱效率，但過度阻隔又使熱效率下降。整體而言，有阻隔比正常無阻隔熱效率高。然而阻隔過度之燃燒狀態，將因空氣量不足，使燃燒火焰尾端呈紫紅色，並促成燃燒廢氣一氧化碳的增加，熱效率與 CO 值呈反比特性。

## 二、綜合分析：

### 1、使用類型節能熱效率統計圖：



## 2、要因分析及對策：

市售台爐以雙口爐居多，且適用於家庭廚房所需，廠商生產的雙口爐消耗量一般約 0.6kg/h 左右，雙口爐結構件組配方式呈多樣式，無論材質、外觀尺度、燃燒器型式、爐架型式、點火方式及外觀造形等。家庭廚房使用煮食器具亦呈多樣式，依烹飪需求煎、煮、炒、炸、燉、烤等，使用不同樣式鍋具且材質、尺寸大小各不同。一般家庭主婦認知用瓦斯爐的火煮食，但如何有效利用？連爐具廠商、經銷商也未予答案，僅關注於產品說明書，其內容為該爐具的操作、保養、清潔、及使用注意事項。基於如此依統計圖類型分析及熱力觀念，提供消費者使用不當原因及對策說明如下：

表 6-2

要因分析	對策說明
1、爐架的擇用	雙口爐擇一爐口使用時，鍋具與爐架搭配使用，以鍋具之鍋底距燃燒器位置愈低之爐架，則爐頭火焰傳導的效能愈佳。
2、鍋具的擇用	依烹飪食物的特性及容量，選用鍋具平底或圓弧底造形及尺度容量適當於食物量之鍋具，原則上不使火焰逸出鍋底緣。過小鍋具使火焰外逸，過大鍋具使鍋壁及鍋蓋表面加速散熱。
3、火力的控制	(1)、先決條件，利用爐具內部空氣調節板，將火焰調整至漂亮的藍色火焰，並規則的呈現在爐頭上。 (2)、配合鍋具大小，調整旋鈕開關火力不使火焰逸出鍋底緣。 (3)、長時間的燉煮型態，處於沸騰狀態時，火力可調節至初始沸騰。

4、鍋具的穩定	(1)、避免使用圓弧型鍋底置於平底鍋爐架，將因爐腳支撐鍋具底面位置點下降及組合點形成的面減小，易使鍋具容易滑動。 (2)、避免不大不小的平底鍋具使用於炒鍋爐架，使鍋緣弧形之曲線座落在爐架腳不同的階梯位置，造成傾斜。
5、隔熱作用	(1)、開放式的台爐，將因周遭環境氣流過度影響，造成熱的損失，應使台爐置於適當的擋風區。 (2)、使用過大鍋具，將增加鍋壁及鍋蓋表面散熱損失。 (3)、適當使用鍋蓋，避免鍋內煮食熱氣散逸。
6、鍋具材質選用	不同的鍋具材質（鋁、鐵、不銹鋼、陶瓷、玻璃等）及厚度，將影響熱的傳導。金屬類導熱係數較大，材質薄則傳熱較快。
7、瓦斯壓力的變動	合格爐具以標準壓力 $280\text{ mmH}_2\text{O}$ 設計提供消費者使用，不當調高瓦斯壓力，使火焰速度增加，相對從鍋底逸出亦增加，且與原設計不符，造成燃燒狀態不完全。

## 柒、結論：

欲追求經濟持續發展而能源逐漸匱乏時代，保護地球環境，減少溫室氣體，善用能源、節約能源、創造能源，是世界各國所面對及解決的課題。能源有限，知識無窮；依據政府部門資料顯示，能源消費”油”佔總消費量 50%以上，且有一半量屬加熱用燃料，因此對燃燒加熱系統的熱效率應予重視，並積極開發實用性的節能技術及使用知識。標準檢驗局於 60 年將家庭用燃氣台爐納入應施檢驗品目，實施內銷出廠及進口檢驗，並依國家標準 CNS13604 檢驗施行之。市售台爐熱效率需達 40%以上，政府部門為推動節約能源，導市場誘因，提高廠商產製高能源效率產品，推行多項產品之”節能標章”認證制度，該制度對台爐廠商產品之熱效率要求需達 45%以上，使消費者選購時經由”節能標章”辨識高效能之產品。

本專題藉由實務經驗及實驗室設備，以消費者使用台爐立場，如何在家庭裡飲食生活煮食方式的需求，及利用本身煮食器具的選用，搭配台爐的特性，發揮”完美煮意”。過程中，雖無多型的樣品測試資料收集，但以使用者立場而言，經由鍋具、爐架、火力控制及隔熱效果等多項實務性的模擬測試，本次的樣品測試具有代表性之參考，應可提供消費者使用台爐節能效應的幫助。期

望政府部在節能效應不只鼓勵廠商生產好的產品，也應使得消費者如何懂得節能使用的方式。所謂實務性有、沒有效，用了才知道。歸結：節約能源是消費者、使用者的任務。能源效率是生產者、製造者的使命。善用能源是每一個人應盡的責任。

## 捌、參考資料

- 一、 CNS13604 家庭用燃氣炊煮器具/修訂版 92 年 9 月 9 日
- 二、 瓦斯工程基礎學/吳瑞禮編著/版次 74 年 12 月