



經濟部標準檢驗局 102 年度
自行研究計畫

報告書編號：102-62

不同廠牌之攜帶式卡式爐其檢測結果分析 探討

經濟部標準檢驗局臺南分局 編印
中華民國 102 年 11 月 01 日

目錄

壹、研究緣起.....	2
貳、攜帶式卡式爐介紹.....	2
2-1 攜帶式卡式爐構造	5
2-2 燃燒知識及燃氣特性	14
2-3 卡式爐燃燒器工作原理	32
2-4 預混式燃燒的諸現象	35
參、研究方法.....	41
3-1 檢測要求及目的	46
3-2 檢測對象	54
3-3 檢測儀器	56
3-4 檢測條件	58
肆、檢測結果報告.....	59
4-1 檢測結果	59
4-2 分析探討	59
伍、結論及建議.....	84
陸、參考資料.....	87

壹、研究緣起

隨著社會經濟的繁榮及國人愈來愈注重戶外休閒活動，我們可發現無論是在室內的餐廳、飯館或是戶外場所，都可普遍看到使用攜帶式卡式爐做為烹煮工具的蹤跡。其主要原因是它操作簡單，人人皆可上手，使用瓦斯罐為燃料，小巧的體積利於外出活動時攜帶，便於輕量化，零件故障率也較低，無怪乎一直受到不少店家及民眾的喜愛。然而，在市面上各大賣場、商店，甚至網路上，陳列銷售著眾多不同廠牌之攜帶式卡式爐，雖然它們都是檢驗合格的商品，本體也都貼有本局的商品安全標章，但由於它們有著不同的製造廠商，不同的型式及產品規格，因此我們希望了解其產品間的差異性，由檢測人員依據攜帶式卡式爐檢驗標準 CNS14529 內容來試驗，記錄各家廠牌所呈現出的檢測數據及結果，來分析及探討彼此間的差異性，以及提出一些看法及建議。如此，將可作為爾後試驗人員在檢測攜帶式卡式爐時，能更加深入明瞭其檢驗所得數據的意義，也可提供新進人員教育訓練之所需。再者，由於市售卡式爐發生氣爆傷人的新聞時有耳聞，可見再安全的產品設計及嚴格的檢驗把關，如果消費者對商品的基本常識和正確使用都不了解，那如何能保證氣爆不會再發生？所以，本研究結果在分析探討時，也會詳述發生意外事故的原因，讓消費者在使用攜帶式卡式爐時能防範危險的發生。

貳、攜帶式卡式爐介紹

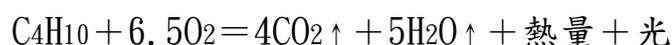
攜帶式卡式爐 (Portable cookers attached to liquefied petroleum gas cylinder) 自民國 60 年 9 月起，我國即將它歸列為應施檢驗商品，與台爐同屬分類為廚房用品。它結構簡單、燃燒完全、加工容易、使用方便、火力調節範圍大，非常適合烹飪食物的要求。又因它體積小、燃料來源為卡式瓦斯罐，外出使用時不必攜帶笨重的桶裝瓦斯，以及具收納方便的優點，目前已是週休二日假期，人們出外踏青露營的第一選擇。



圖 2-1 卡式爐及使用燃料(a)大氣式形式 (b)紅外線形式 (c)通用瓦斯罐

攜帶式卡式爐本體由不鏽鋼薄鋼板沖壓成型，通常市面上常見有兩種形式。圖 2-1(a)為傳統大氣式形式的卡式爐，圖 2-1(b)則是紅

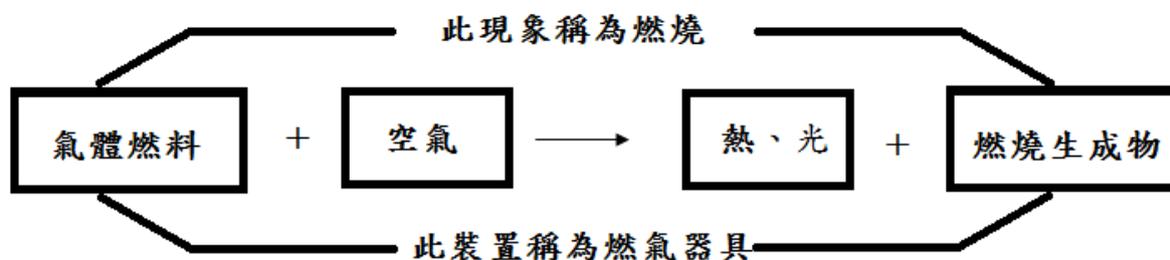
外線(無焰)形式的卡式爐。基本上，這兩種型式的結構相同，只是爐頭的燃燒方式不同而已。卡式爐是以充填丁烷氣(BUTANE GAS)之卡式瓦斯罐為燃料的燃氣器具(圖 2-1(c))。所謂燃氣器具^[1]，乃是將氣體燃料燃燒所生的光和熱應用於日常生活之器具之總稱。以卡式瓦斯罐主要成分丁烷為例，它燃燒時的化學方程式為：



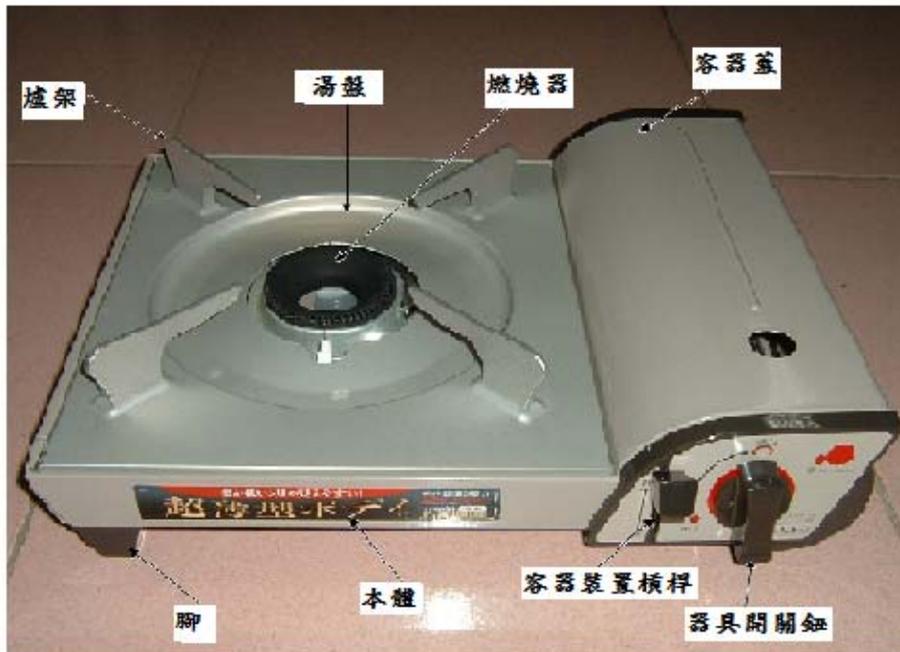
所以，攜帶式卡式爐包括下列各部份：

- (1) 燃料之供給部份
- (2) 空氣之供給部份
- (3) 燃料與空氣反應部份
- (4) 熱和光利用部份
- (5) 燃料生成物之除去部份

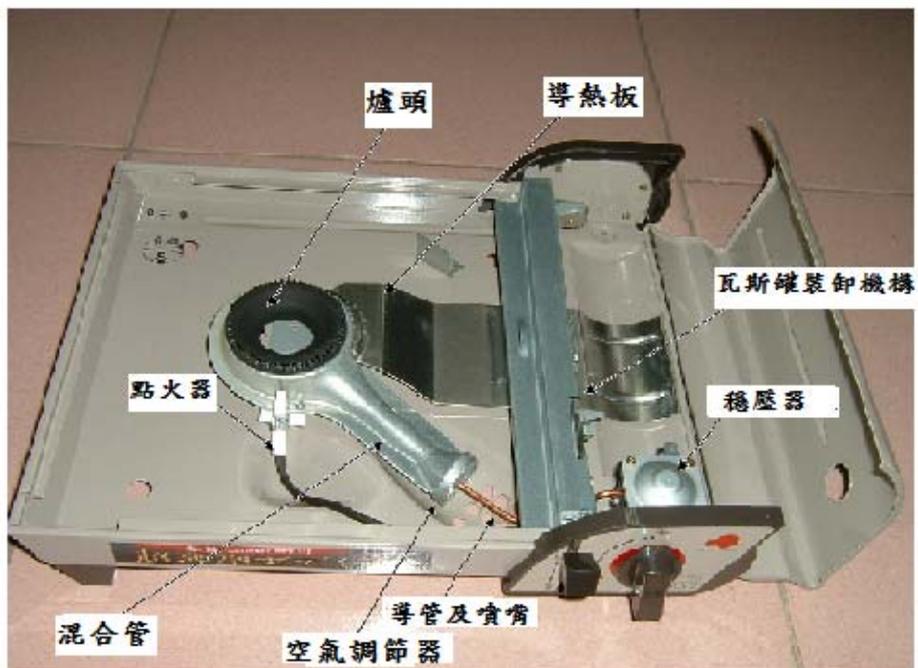
以下為燃料、燃燒與燃氣器具三者之關係。



2-1 攜帶式卡式爐構造



(a)



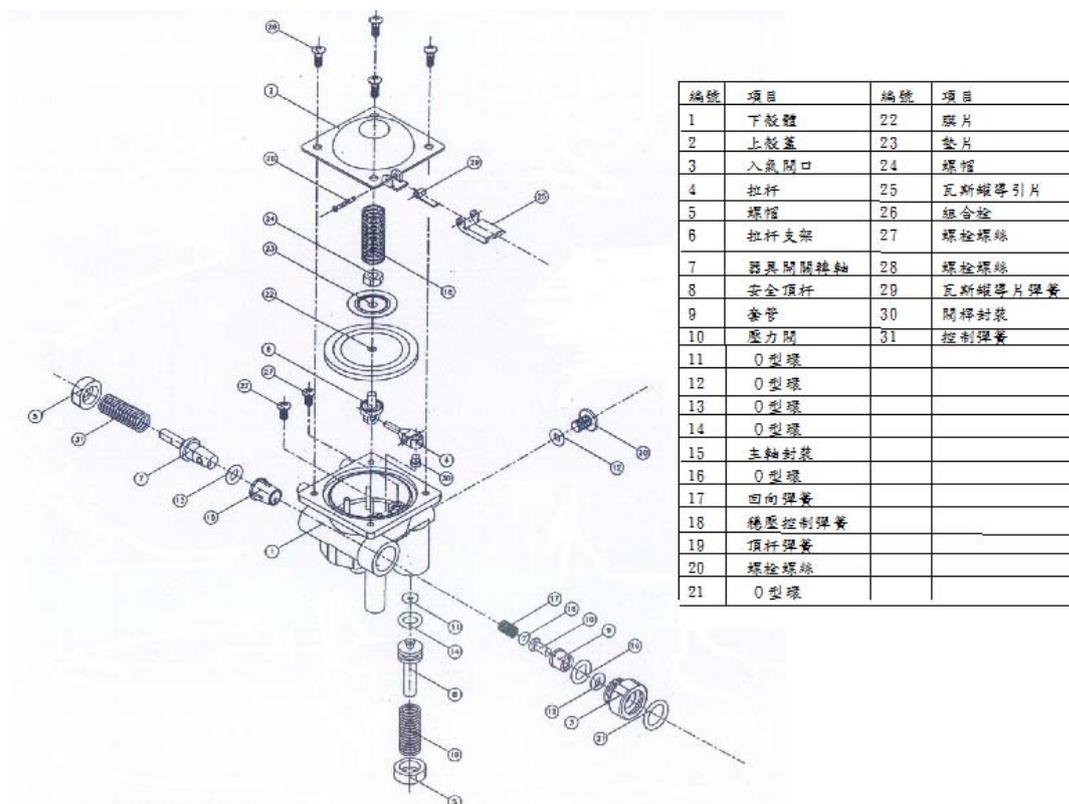
(b)

圖 2-2 攜帶式卡式爐構造(a)外觀(b)內部結構

圖 2-2(a)(b)為攜帶式卡式爐的外觀及內部結構名稱，各主要部

件其功用如下：

(1) 穩壓器



(a)



(b)

圖 2-3 穩壓器(a)組立圖及零組件清單(b)3大功能示意

圖 2-3(a)(b)分別為穩壓器組立圖及 3 大功能示意。穩壓器是一台卡式爐的核心，主要負責燃氣的穩定供應及調節，以及當燃氣壓力過高時能夠迅速切斷燃氣的通路。由於它具備上述 3 種功能，所以它

由三部分組成，茲說明如下：

1. 穩壓裝置

當卡式罐與穩壓器之入氣閥口接合後，如果器具開關未開，則從卡式罐過來的高壓燃氣進入穩壓器內的減壓室，此時減壓室的壓力增大，使膜片組件的膜片往上頂，因拉杆的左端與膜片連在一起，拉杆左端也往上移動，則拉杆右端就往下移動，最後將入氣閥口堵塞，燃氣停止進入。打開器具開關後，由穩壓器減壓室過來的燃氣從噴嘴噴出，同時藉由器具開關對壓電式點火器的點火動作，將燃氣點著。當器具燃燒時，燃氣自穩壓器的低壓側出口流出，減壓室內的壓力下降，膜片組件的膜片在上殼蓋內的彈簧作用下往下動作，同時，拉杆左端就往下移動，燃氣自入氣閥口進入減壓室內，減壓室內的壓力不斷增加，增加到一定程度時，膜片又會往上移動，最後使穩壓器的出氣口壓力達到給定值。若入氣閥口壓力因某種原因降低或者負荷增加時，出氣口的壓力也將降低，但此時膜片組件的膜片開始向下移動，帶動拉杆左端向下移動，加大閥口的開啟度，讓進入入氣閥口的燃氣增加，最後使出口壓力恢復到給定值。相反，當入氣閥口壓力升高或者負荷減小時，出氣口壓力升高，膜片組件的膜片向上移動，帶動拉杆向上傳動，減少入氣閥口的開啟度，最後也是使出氣口壓力恢復到給定值，如此循環工作使穩壓器正常運行。

2. 旋塞閥



圖2-4旋塞閥工作示意

如圖 2-4，穩壓器的旋塞閥負責打開或關閉通往噴嘴的燃氣通路，且能夠對通過的燃氣量方便地進行調節。小型無填料的旋塞閥又稱為考克(cock)，塞體多為圓柱體，與入氣閥內部的圓孔面配合組成密封副。旋塞閥的塞體隨著閥杆逆時針約可轉動 180° ，藉由與入氣閥內部圓孔空間的調節，可實現小火、中火及大火的控制與關閉。

3. 壓力感知安全裝置

穩壓器內部另一個重要的結構為壓力感知安全裝置，當入氣閥口燃氣的壓力大於頂杆彈簧設定值時，則安全頂杆向下動作，帶動拉杆使卡式罐脫離器具，讓燃氣停止供應。圖 2-5 為改良型穩壓器，為將以往利用帶動氣瓶拉杆向上使卡式罐脫離器具的組件，改為內部燃氣阻斷式（內截式）的設計，若是內部因高壓使得安全機構作動，只要按下紅色復歸按鈕，即可以使燃氣恢復正常供應。

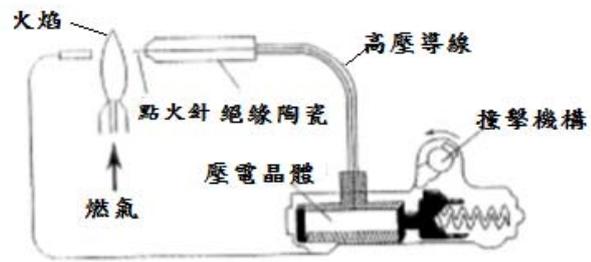


圖2-5內部阻斷式(內截式)穩壓器

(2)點火裝置



(a)



(b)

圖2-6點火裝置(a)外觀(b)工作示意圖

如圖 2-6，卡式爐點火方式幾乎都為一種稱為壓電點火的方法，利用壓電效果來產生火花，使瓦斯點燃。點火裝置由卡式爐的開關部(連帶撞擊機構)、壓電開關、電極、高壓絕緣導線組成。點火時，開關旋鈕轉動穩壓器上之旋塞閥逆時針到底，並帶動撞擊機構按壓紅色部分的壓電開關去撞擊壓電晶體(Piezoelectric Crystal)，則會產生約 14,000V 之高壓電，透過高壓導線與電極連接，可發生火花而點

燃瓦斯。

(3)燃燒器(爐頭+混合管+空氣調節器)



(a)

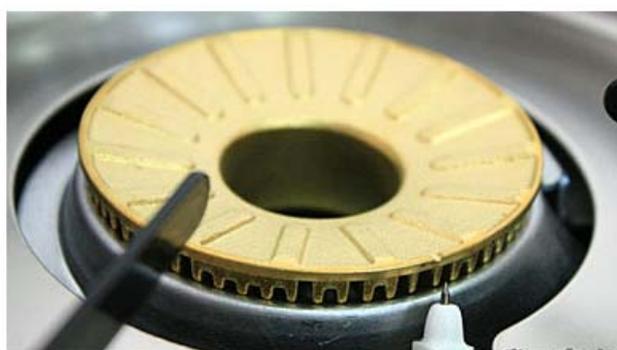


(b)

圖2-7燃燒器(a)大氣式燃燒器(b)紅外線燃燒器

攜帶式卡式爐常見有大氣式(圖 2-7(a))及紅外線(圖 2-7(b))燃燒器兩種，燃燒器由爐頭(爐頭蓋+爐頭座)、混合管等及空氣調節器組成。由於主要承擔燃氣與空氣的混合作用及燃燒，材質要求比較高，要耐高溫、耐腐蝕，不易氧化，熱膨脹係數小。燃燒器主體主要以銅合金，矽鋁合金為主。混合管大都由鑄造或沖壓成型，固定在混合管

端面上的空氣調節器一般都用薄鋼板沖壓而成，空氣調節器正中間的孔是噴嘴插入的位置。空氣調節器周圍的孔是進一次空氣用的，一般都開成扇形狀，開孔面積是根據所需的一次空氣來設計。卡式爐的空氣調節器一般都是做成固定孔式，無法調整一次空氣進入的多少。



(a)



(b)



(c)

**圖2-8大氣式燃燒器爐頭(a)方形焰孔
(b)隙縫形焰孔
(c)圓形焰孔+方形焰孔**

如圖 2-8(a)(b)(c)為大氣式燃燒器爐頭之焰孔的形式^[2]。爐頭焰孔的加工一般是，圓形焰孔是在爐頭用鑽頭直接加工而成，方法簡單，為防止髒物堵塞，焰孔大多大於 2mm。方形焰孔則是由可拆卸的爐頭蓋與爐頭座配合組成，加工工藝要求較高，且與二次空氣焰孔接

觸面較圓形焰孔大，適於二次空氣量需要較多的場合。隙縫形焰孔是將焰孔加工成細長的溝槽狀，大都使用薄型不鏽鋼材料沖壓製成，寬度小於 2mm，長度在 6-30mm 之間，在爐頭上排列數排，適合熱流量大，加熱面小的場合；由於隙縫形焰孔相當於多個方形焰孔相連，二次空氣的接觸較差，容易造成不完全燃燒，出現黃焰及 CO 過高等情況。但如果設計合理，加工組裝達到技術要求，這種隙縫形焰孔可以提高焰孔熱強度和熱效率。紅外線燃燒器的爐頭蓋由陶土板(Ceramic Plate)取代，是利用紅外線熱輻射的特點來加熱，其餘基本與大氣式燃燒器相同。市面上卡式爐的燃燒器有以上兩種的結構，即從燃氣進來到被點著，中間經過了一段較長的路程，且在燃氣入口處還加有一只空氣調節器。這主要是採用了所謂的”預混式燃燒方式”，其特點是：在燃氣未被點著前，由空氣調節器進入的空氣已經與燃氣部分或充分混合，燃燒時的溫度高。

(4)噴嘴

噴嘴(Nozzle)其主要機能在維持一定之瓦斯噴出量及一次空氣之充分吸引，一般都採用黃銅材料加工。圖 2-9(a)(b)為卡式爐噴嘴之兩種形式，因噴嘴要向燃燒器噴出燃氣，所以它的入口孔徑大，出口孔徑小。卡式爐噴嘴因其孔徑是固定的，故無法調節其大小，需注意勿使髒物使它堵塞。



(a)



(b)

圖2-9噴嘴(a)標準錐上穿孔(b)導管末端鑽孔

(5) 爐架及湯盤



圖2-10爐架及湯盤外觀

湯盤及爐架通常採用沖壓成型後搪瓷，或使用不銹鋼材料製作。湯盤可以是方的也可以是圓的，爐架可做成不同形狀，即烹煮時可以用平底鍋，也可以用圓底鍋。另外，卡式爐的湯盤及爐架通常是一體式的。

(6) 導熱板

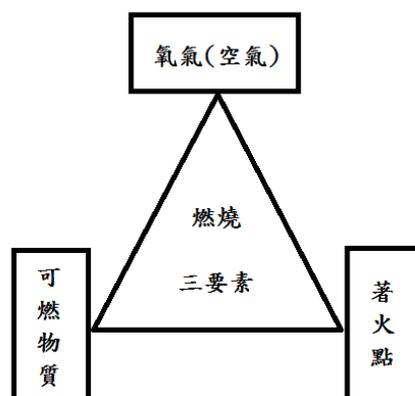
近年來的卡式爐有的有導熱板的裝設，它由卡式爐焰口連至瓦斯罐置放處，藉由開火使用，導熱至瓦斯罐，避免因長時間使用，瓦斯罐身溫度變低，罐身凝結水滴，導致無法持續轉化液態瓦斯成氣態。沒有導熱片設計的爐子，在一般二十多度的環境，都有可能火力越來越小。有導熱板的卡式爐，即使在低溫(建議不低於 0 °C)的環境，只要一開始能開的起火來，就應可使用。

2-2 燃燒知識及燃氣特性

(1) 燃燒意義與要素

了解卡式爐工作原理之前，必須先對燃燒有所觀念。所謂燃燒就是一種快速的氧化反應，而焚化則係只針對廢棄物的燃燒作用，因此概而言之，焚化屬於燃燒的一種化學反應，而燃燒則屬於氧化的一種化學反應。

然而要形成燃燒的要件為何？我們常稱燃燒的三要素^[3]即是：氧氣(或空氣)，可燃物質與燃點(或著火點)；亦即要促成物質燃燒，除了需有空氣外，亦必須給予達到燃點的溫度環境。



此外要使物質燃燒，特別是要達到完全燃燒的效果，必須具備下列三個條件：

1. 空氣條件：物質燃燒時必須供應足量的空氣量(或氧氣量)才可使氧化反應完全。如果空氣量供應不足，燃燒就不完全易生黑煙、一氧化碳或其他污染物。反之，若空氣量供應過大，則會降低爐溫，增加排煙量及熱量損失。因此供應適量的空氣量是十分必要的。
2. 溫度條件：燃料只有到達自燃點才能與氧氣合而燃燒。所謂自然點(autoignition temperature)亦稱著火溫度，係指在該溫度時，物質可不需要外來火源即可發火的溫度，亦即在氧氣存在下，可燃物質開始燃燒所必須達到的最低溫度。當溫度高於發火溫度，且燃燒放熱速率高於向周圍散熱的速率，燃燒過程才能夠持續進行。表 1 為某些碳氫化合物的著燃點。

表 1 碳氫化合物等不同成分的著燃點(著火溫度)

物質名稱	化學式	著火點(°C)
丙烯	$\text{H}_2\text{C}=\text{HCN}$	481
正丁烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	480
一氧化碳	CO	652
乙烷	C_2H_6	530
氫	H_2	580
異丁烷	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$	510
甲烷	CH_4	537
丙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	466
丙烯	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	455

3. 時間條件：燃料在高溫區的停留時間應超過燃料及其後氧化反應

所需的時間。

另外為了增加燃燒效果也應考慮額外的第四個因素，即混合條件：燃料與空氣中的氧是否充分混合亦是有效燃燒的要件，而混合程度取決於氣流的紊流強度。

適當地控制以上幾個要素→空氣燃料比、溫度、時間和紊流強度，除可增加燃燒效果，節省能源消耗外，亦是控制不完全燃燒產物排放量使達最低所必須的。一般將其中之溫度(temperature)、停留時間(time)及紊流強度(turbulence)合稱為燃燒的三“T”原則。

(2) 燃燒現象

燃燒之廣義定義為可燃物質的快速氧化反應，並伴隨著光、火焰和熱量的產生，同時使可燃物轉化成相對應的氧化生成物。多數的石化燃料完全燃燒時的產物為二氧化碳和水蒸氣。然而，若燃燒不完全時，則會產生黑煙、一氧化碳或其他污染氣體。若燃料中有硫，則會產生二氧化硫(SO₂)。此外，當燃燒溫度過高時(超過 1200°C)，空氣中的部分氮氣也會被氧化成氮氧化物。

燃燒廢氣(Waste Gas)中的一氧化碳為燃氣爐具重要的性能指標之一，它是燃燒時碳氫化合物燃料化成 CO₂ 及 H₂O 過程之中間產物。在富燃料(fuel-rich)火焰區(代表燃料過多)，由於氧氣不足以使燃料完全燃燒，所以 CO 濃度必然很高。只有在充足的空氣與燃料氣充分混合且相當高的燃燒溫度情況下，CO 才能進一步氧化成 CO₂，因而縱

使用在平均為貧燃料(fuel-lean)的情況下(代表燃料太少)，若混合不完全均勻，CO 仍然會從燃燒系統中逸出。在碳氫化合物燃燒器中，CO 氧化成 CO₂ 之反應如右： $CO + OH \cdot \rightleftharpoons CO_2 + H \cdot$

這個反應本質上為一種非常快速的可逆反應。由於可逆反應二邊的平衡濃度與溫度有相當密切的關係，因此縱使是預混燃燒系統中，在火焰區仍會有相當的 CO 平衡濃度。影響 CO 濃度另一重要因子是 OH 自由基的濃度，在燃燒過程中不同區域的 OH 濃度控制著區域中之 CO 消耗程度。有許多反應與 OH 自由基的行程有關，但最重要的一個反應式為： $H \cdot + H_2O \rightleftharpoons OH \cdot + H_2$

此等反應可以寫成著名的水——氣轉移(water-gas shift reaction)反應式： $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$

在預混的火焰區域紊流擴散焰中，此反應很快就會達平衡狀態，因此若僅考慮水——氣轉移反應式，許多的 CO₂ 必然是在氣流離開火焰區後，溫度下降時所形成的。在有充分 O₂ 供應且為常溫下，根據反應平衡常數(參見表 2)幾乎所有的 CO 可以轉化為 CO₂。

表 2 CO-CO₂間氧化平衡常數

$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_2$	T(K)	K _P
$K_P = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}(P_{O_2})^{\frac{1}{2}}}$	298	1.2×10^{45}
	500	1.1×10^{25}
	1000	1.7×10^{10}
	1500	2.1×10^5
	2000	766
	2500	28

(3) 燃氣的一些特性

1. 發熱量、高熱值和低熱值

表 3 各單位燃料氣體之總發熱量(0°C, 1atm)

物質名稱	化學式	總發熱量 MJ/Nm ³ { kcal/ Nm ³ }
氫	H ₂	12.8 { 3050 }
一氧化碳	CO	12.6 { 3016 }
甲烷	CH ₄	39.9 { 9530 }
乙烷	C ₂ H ₆	70.5 { 16830 }
丙烷	C ₃ H ₈	102 { 24320 }
異丁烷	i-C ₄ H ₁₀	133 { 31780 }
正丁烷	n-C ₄ H ₁₀	134 { 32010 }
戊烷	C ₅ H ₁₂	170 { 40520 }
備註	1. { } 中所表示之單位為習用單位 2. 摘自 CNS 13605	

氣體燃料一個標準立方米(Nm³)完全燃燒時所產生的熱量叫做燃料的發熱量，1 Nm³表示當溫度為 0°C，壓力為一個標準大氣壓時的一個立方米。我國國家標準中，熱量的單位用 MJ/Nm³ 或 kcal/Nm³ 來表示。在日常生活中，我們可以這樣來理解燃氣的高熱值和低熱值：燃氣燃燒時放出熱量的同時，也會產生水蒸氣，水蒸氣也會帶有一定的熱量，稱之為潛熱。燃氣燃燒所產生的發熱量中如包括水蒸氣所帶的潛熱在內，則稱之為高熱值(國家標準稱總發熱量，如表 3)；如不包括水蒸氣所帶的熱量，則稱之為低熱值。由於水蒸氣要帶走一定的熱量，因此燃氣具的熱效率不可能太高，如燃氣熱水器一般也只能做到 80%。水蒸氣的潛熱這部分能量一般情況下不利用，這是因為如果將水蒸氣(烟氣)的溫度降低，將會產生冷凝水，冷凝水有強酸性，將會

汙染甚至腐蝕有關設備及環境。正因為如此，國家標準規定，燃氣熱水器的排煙溫度應為 110~260°C，要將水蒸氣排走。

現介紹熱值的求法，表 4 為一些常用氣體的物理化學特性：

表 4 一些常用氣體的物理化學特性 (0°C, 1atm) [4]

氣體	分子式	分子量	容 積 (m ³ /kmol)	熱效應(kJ/kmol)		熱值(kJ/Nm ³)	
				高	低	高	低
甲烷	CH ₄	16.0430	22.3621	890943	802932	39842	35906
乙烷	C ₂ H ₆	30.0700	22.1872	1560898	1428792	70351	64397
丙烷	C ₃ H ₈	44.0970	21.9362	2221487	2045424	101270	93244
正丁烷	n-C ₄ H ₁₀	58.1240	21.5036	2879057	2658894	133887	123649
異丁烷	i-C ₄ H ₁₀	58.1240	21.5977	2873535	2653439	113048	122857

單一可燃氣體的熱值可根據表 4 所示的該氣體燃燒反應的熱效應算得。例如丙烷氣完全燃燒反應式如右： $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2\uparrow + 4H_2O\uparrow$ ，則根據表 4 查得 1 摩爾的 C₃H₈ 完全燃燒後，每標準立方米的高熱值 = $2221487/21.9362 = 101270 \text{ kJ/Nm}^3 = 24227 \text{ kcal/Nm}^3$ (1cal=4.18J)；每標準立方米的低熱值 = $2045424/21.9362 = 93244 \text{ kJ/Nm}^3 = 22307 \text{ kcal/Nm}^3$ 。或由表 4，計算出每公斤 C₃H₈ 的熱值，高熱值 = $2221487/44.097 = 50377 \text{ kJ/kg}$ ，低熱值 = $2045424/44.097 = 46385 \text{ kJ/kg}$ 。同理，1 摩爾的 C₄H₁₀ 完全燃燒後，每標準立方米的高熱值 = $2879057/21.5036 = 133887 \text{ kJ/Nm}^3 = 32030 \text{ kcal/Nm}^3$ ；每標準立方米的低熱值 = $2658894/21.5036 = 123649 \text{ kJ/Nm}^3 = 29581 \text{ kcal/Nm}^3$ 。

2. 燃燒極限

一般而言，如可燃氣體與空氣於一定溫度下混合時，其體積之濃度分率必須在某一範圍內才可燃燒。燃燒(或爆炸)下限 L 是指最小蒸氣

(或氣體)體積濃度分率，在此以下時即使接觸火源，也不發生燃燒。燃燒(或爆炸)上限 U 是指最大蒸氣(或氣體)體積濃度分率，在此界線之上，即使接觸火源，亦不燃燒。而在 L 與 U 之間為可燃範圍，亦稱可燃濃度範圍(range of flammability)，亦即預混火焰的燃燒反應被限制在可燃濃度範圍內。而由實驗得知，當混合物中可燃氣體含量接近於理論上完全燃燒所需要的濃度時，燃燒最快、最劇烈，此時燃料和氧化物通通燒光，轉變成二氧化碳和水。如表 5 甲烷和空氣的預混火焰，以甲烷所占體積百分比而言，理論燃燒濃度為 9.45%時可達完全燃燒，而富燃料上限和貧燃料下限則分別為 15%和 5%。

表 5 碳氫化合物的可燃濃度範圍(1atm, 25°C, vol%)^[3]

物質名稱	化學式	燃燒下限 (L)	燃燒上限 (U)	理論燃燒濃度 (%)
氫	H ₂	4.0	75	
一氧化碳	CO	12.5	74	
甲烷	CH ₄	5.0	15.0	9.45
乙烷	C ₂ H ₆	3.0	12.4	5.64
丙烷	C ₃ H ₈	2.1	9.5	4.02
丁烷	C ₄ H ₁₀	1.8	8.4	3.10
己烷	C ₆ H ₁₄	1.2	7.4	
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	1.2	7.1	
汽油	--	1.7	7.2	

3. 燃氣的密度、相對密度

密度是指單位體積的某種物質所具有的質量，對燃氣來說通常是指氣體的密度。在壓力不變的情況下，氣態物質的密度隨溫度的升高而減少，在一大氣壓下一些氣態碳氫化合物的密度見表 6。

表 6 一些氣態碳氫化合物在 1atm 下的密度/(kg/m³)

溫度 / °C	甲烷	乙烷	乙烯	丙烷	丙烯	正丁烷	異丁烷	1-丁烯
0	0.717	1.355	1.260	2.010	1.913	2.703	2.692	2.596
15	0.677	1.269	1.184	1.861	1.766	2.452	2.442	2.369

而燃氣的相對密度是指在同一溫度和同一壓力的條件下，燃氣的密度和空氣密度的比值。在國家標準中相對密度以比重表示，參考的空氣密度條件為：溫度 0°C，大氣壓 101.3kpa 狀態下，空氣密度為 1.293(kg/Nm³)。主要燃氣的密度見表 7，某燃氣之比重算法如下：丙烷於標準狀態下之密度 2.010，則其比重 = 2.01/1.293=1.554。

氣態液化石油氣的相對密度大於 1，比空氣重，如果發生洩漏時，會往低處集聚，一般不大容易散發掉。天然氣的相對密度小於 1，比空氣輕，如果發生洩漏時，會跑往空間的上部，也容易散發掉。所以平時更擔心液化石油氣的洩漏。

表 7 各單位燃料氣體之比重

物質名稱	化學式	比重
氫	H ₂	0.0695
氧	O ₂	1.105
二氧化碳	CO ₂	1.529
一氧化碳	CO	0.967
甲烷	CH ₄	0.555
乙烷	C ₂ H ₆	1.048
丙烷	C ₃ H ₈	1.550
異丁烷	i-C ₄ H ₁₀	2.080
正丁烷	n-C ₄ H ₁₀	2.090
戊烷	C ₅ H ₁₂	2.671
備註	摘自 CNS 13605	

4. 燃氣燃燒時所需要的空氣量

我們以丙烷(C₃H₈)燃燒時的化學方程式為例：

$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 \uparrow + 4H_2O \uparrow + \text{熱量} + \text{光}$ ，從該化學方程式可以看出，燃燒時需要大量的氧氣(O₂)。氧氣是從空氣中來的，而空氣中氧氣的含量正常情況下約為 21%，即空氣：氧氣=100：21=4.76：1，可見，1 體積的氧氣相當於 4.76 體積的空氣，則 1m³ 丙烷燃燒完全從理論上需要的空氣量為 $5 \times 4.76 = 23.8(m^3)$ 。這種透過反應方程式計算出來的空氣需要量稱之為理論空氣量。在液化石油氣的實際燃燒中，僅僅供給理論空氣量是不能達到完全燃燒的，還需增加一些空氣量，才能保證燃燒完全。實際供給的空氣量與理論需要量之比，稱為過剩空氣係數，用符號 α 表示，即 $\alpha = \text{實際空氣需要量} / \text{理論空氣需要量}$ 。過剩空氣係數的取值不能過大，過大易使空氣帶走燃燒產生的熱量；亦不能過小，過小則達不到完全燃燒，甚至會產生有毒的 CO。對一般燃氣器具，過剩空氣係數可取 1.1~1.15。

主要燃氣燃燒的理論空氣量與實際空氣需要量見表 8。

表 8 主要燃氣燃燒的理論和實際空氣需要量^[1]

燃氣	1m ³ 人工燃氣	1m ³ 天然氣	1m ³ 丙烷	1m ³ 丁烷
理論空氣量 /m ³	4.69	9.52	23.8	30.94
實際空氣量 /m ³	5.16	10.5	26.3	34.0

由表 8 可知，燃燒同樣體積的液化石油氣(丙烷和丁烷)、天然氣和人工燃氣，液化石油氣所需要的空氣量最多。

5. 燃燒速度

燃氣的燃燒速度(combustion velocity)又稱火焰傳播速度。它的意義是指由點火源點火開始，單位時間內火焰傳播的距離。而燃燒速度大的燃氣容易燃燒，完全燃燒所需要的一次空氣較少，但在燃燒器中容易發生回火。反之，燃燒速度小的燃氣完全燃燒所需要的一次空氣較多，但在燃燒器中容易發生浮火。

6. 液化及氣化

液化石油氣的主要成分是丙烷和丁烷。在溫度 20°C 時，當把丙烷加壓到 8.4kgf/cm² 以上，丁烷加壓到 2.1kgf/cm² 以上，可將其液化。液化後，其容積與氣體時相比變化很多。如丙烷可變小到原來的 1/250~1/270，裝入儲罐或鋼瓶，儲存和運輸就非常方便。水在一個大氣壓的情況下，100°C 沸騰，變成水蒸氣。液態的燃氣也與水相同，達到一定的溫度也會從液態變成氣態。這種由液態變成氣態的現象叫氣化，此時的溫度叫氣化點。表 9 列舉了一些燃氣的氣化點。

表 9 一些燃氣的氣化點

名稱	氣化點(°C)	名稱	氣化點(°C)
氫	-252.7	乙烯	-103.1
一氧化碳	-191.5	丙烷	-42.1
碳酸燃氣	-78.5	丙烯	-47.7
甲烷	-161.5	n-丁烷	-0.50
乙烷	-88.6	i-丁烷	-11.7

這些燃氣的氣化點都在 0°C 以下，因此在日常溫度中都呈氣態。丙烷的氣化點為-42.1°C，丁烷的氣化點從-0.5°C 至-11.7°C。所以在一般常溫下，儲瓶中的液化石油氣也很容易氣化變成氣態。但由於其中

的丁烷在 0°C 以下時不容易氣化，因此，在寒冷地區及嚴寒天氣，其揮發就會受到很大影響，那時會感到供氣不足。

液態變成氣態時，需要吸收熱量，這些熱量只是用來改變物質的狀態（發生相變），而溫度不發生變化，因此，稱之為潛熱。氣化潛熱就是在一定溫度下，一定數量的液體變為同溫度的氣體所吸收的熱量。氣化潛熱與開始氣化時之溫度及壓力有關，當溫度逐漸上升時其氣化潛熱則次第減少，到達臨界溫度時將為零。丙烷與丁烷之氣化潛熱與溫度之關係如表 10。

表 10 丙、丁烷潛熱與溫度之關係

溫度(°C)	-42	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
丙烷 (kcal/kg)	102	99	96	93	90	87	84	80	76	72
丁烷 (kcal/kg)	--	--	--	--	92	90	88	86	83	80
備註	丙烷臨界溫度 96.7°C 丁烷臨界溫度 152°C									

卡式罐常溫使用時，罐瓶內液態氣體氣化時所需之熱量來自周圍空氣及本身，因此使用一段時間後，罐身常會有水滴附著，且因消耗液體本身之熱量，致使液體之溫度隨之下降。

7. 飽和蒸汽壓

物質在一定的溫度下，氣液兩相共存，形成飽和狀態，這時的壓力稱為該物質在此溫度下的飽和蒸汽壓。在儲瓶中的液化石油氣，就存在這種氣液兩相共存的飽和狀態。飽和蒸汽壓與環境溫度有關，環境溫度高，壓力也高。其次，在一定溫度下，同一液體之蒸汽壓為一定

值，與容器之體積大小、形狀、液體量之多寡無關，如圖 2-11 說明。

它也與氣體成分有關，在同一溫度下，不同的液體，其蒸汽壓不同。

表 11 列舉丙烷與丁烷蒸汽壓供參。

表 11 丙烷、丁烷蒸汽壓(絕對壓力)

溫度	°C	0	10	20	30	40	50
蒸汽壓 kgf/cm ²	丙烷	4.9	6.4	8.4	10.5	13.7	17.1
	丁烷	1.0	1.4	2.0	2.8	3.7	4.8



圖2-11溫度20°C時蒸汽壓均為2.0kgf/cm²

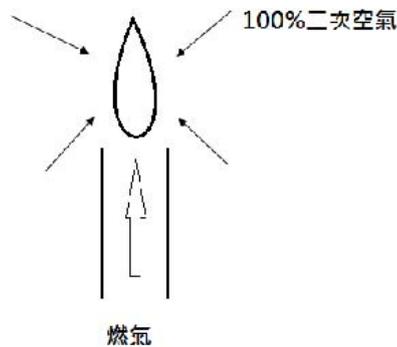
(4) 燃燒方式介紹^[4]

卡式爐(含家用)用的燃燒器幾乎都是低壓燃燒器(壓力在 5kPa 以下)，在低壓燃燒器中，根據燃氣與空氣混合時空氣所占的比例情況，常常將燃氣燃燒方式分為四類，即：

1. 擴散式-----燃氣直接在大氣中燃燒。

燃氣全部靠二次空氣燃燒，因其燃燒現象完全由氣體分子的擴散行為

來主導，所以稱為擴散火焰。火焰的顏色為黃中帶紅，火焰高及明亮，火焰的最高溫度約 900°C 。而產生黃色火焰原因為由於常溫下的碳微粒是黑色的，但在高溫狀態的碳微粒則呈現明亮的黃色，並表現出強烈的輻射熱傳，如壁爐內燃燒木頭所產生的黃色火焰，可以帶來整個房間的溫暖。擴散式燃燒方式一般用作點火器、瓦斯燈、引火燃燒器，圖 2-12 為擴散式燃燒示意及燃燒火焰。



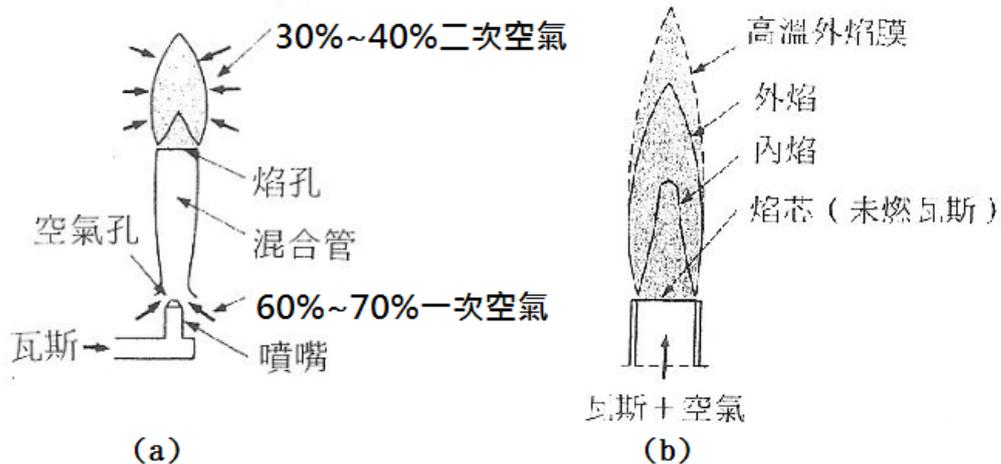
(a)



(b)

圖 2-12 擴散式燃燒 (a) 示意圖 (b) 擴散式火焰

2. 本生式-----燃氣與一定比例的空氣混合後再在大氣中燃燒。



(a)

(b)

圖 2-13 本生式燃燒 (a) 示意圖 (b) 火焰結構圖

本生式燃燒示意如圖 2-13(a)所示，燃氣燃燒時所需要的空氣大部分(60%~70%)為一次空氣，不夠的部分由二次空氣來補充。在這裡，“一次空氣”是指還未點火燃燒前已與燃氣混合的空氣；“二次空氣”是指點火燃燒後再加入進來的空氣。

圖 2-13(b)所示為本生式燃燒火焰之結構圖。它由內焰和外焰兩個明顯區分的燃燒區域及外圍肉眼看不到的高溫區構成。首先一次空氣中的氧與燃氣中的可燃成分化合，最初是在內焰錐內進行反應。由於燃燒產物中包含有特殊性質的羥基(OH)醛和醇，所以稱為羥基化反應，其火焰稱為還原火焰。此區由於是富燃料預混火焰，氧氣不足燃燒不充分，所以溫度低。一般而言，高碳燃料的富燃料預混火焰通常呈現黃色，即丙烷以上的氣態燃料，其富燃料預混火焰多為黃色，而甲烷富燃料預混火焰則為藍色。處於第二燃燒區的外焰，是一氧化碳、氫醛及其他中間產物，為富燃料預混火焰燃燒反應所剩餘的燃料分子，往下游流動，再和外界大氣中的氧氣分子建立的擴散火焰。擴散火焰為藉著火焰面本身將燃料和氧化物隔開，兩類分子只在火焰面彼此相遇、碰撞而進行燃燒反應。由於是周圍空氣擴散而被氧化，所以稱為氧化火焰。外焰相對來說接觸空氣中的氧氣較多，火焰高度短，溫度高，而且火焰溫度不同所呈現顏色也不一樣。如果二次空氣及其他條件都能滿足要求，則在外焰區能完成燃燒並生成二氧化碳和水蒸氣，且這些燃燒廢氣在外焰的外側會形成外焰膜，即肉眼看不到的高

溫層。

本生式燃燒方式是 19 世紀中期德國化學家本生(F. Bunsen)發明而命名，他是第一個將預混原理應用於氣體燃燒。本生式燃燒方式因為其溫度高，所以廣泛用於燃氣爐、熱水器、煮飯器、烤箱、浴爐。

3. 半本生式-----介於擴散式與本生式之間的燃燒。

半本生式燃燒示意如圖 2-14 所示。燃氣燃燒時所需要的空氣大部分(60%~70%)為二次空氣，少部分為一次空氣。

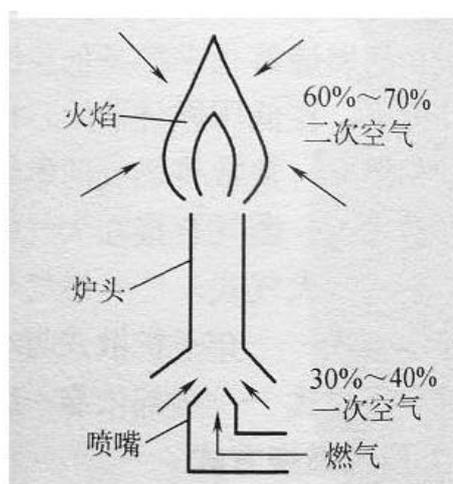


圖2-14半本生式燃燒示意圖

半本生式火焰的顏色偏紅，火焰的高度介於擴散式與本生式之間。火焰的最高溫度約 1000°C。半本生式燃燒一般做為燃燒器，使其在大的燃燒室中、高溫下燃燒使用。

4. 完全預混式-----全部依靠一次空氣進行燃燒。

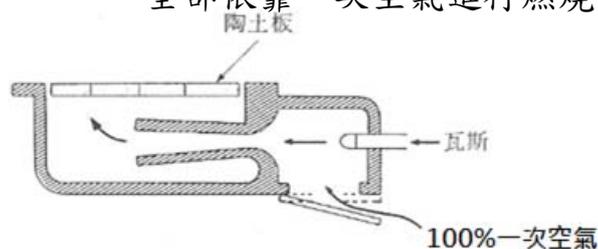


圖2-15完全預混式燃燒示意圖

完全預混式燃燒示意如圖 2-15 所示。燃氣燃燒時所需要的空氣全部(100%)為一次空氣。火焰的顏色為藍色，但燃燒器表面為紅色，最高溫度約 950°C。完全預混式燃燒方式現廣泛應用於瓦斯器具、燒烤爐、暖爐等。

5. 火焰的顏色與溫度

燃燒時火焰所表現出來的顏色，是隨著其燃燒物質溫度的變化而變化的。當溫度低於 1000°C 時火的顏色偏紅；在 1000~2000°C 的範圍裡，火的顏色也隨之變淡變黃；當溫度突破 2000°C 後，火焰則呈現淡青色，約 2500°C 時火焰的顏色為藍色的；隨著溫度的不斷提高，達到 6000°C 的火元素散發出的就是強烈的白光。

本生式燃燒為爐具燃燒器的工作方式，圖 2-16 為本生式燃燒器之空氣孔開度不同所呈現出的本生火焰。

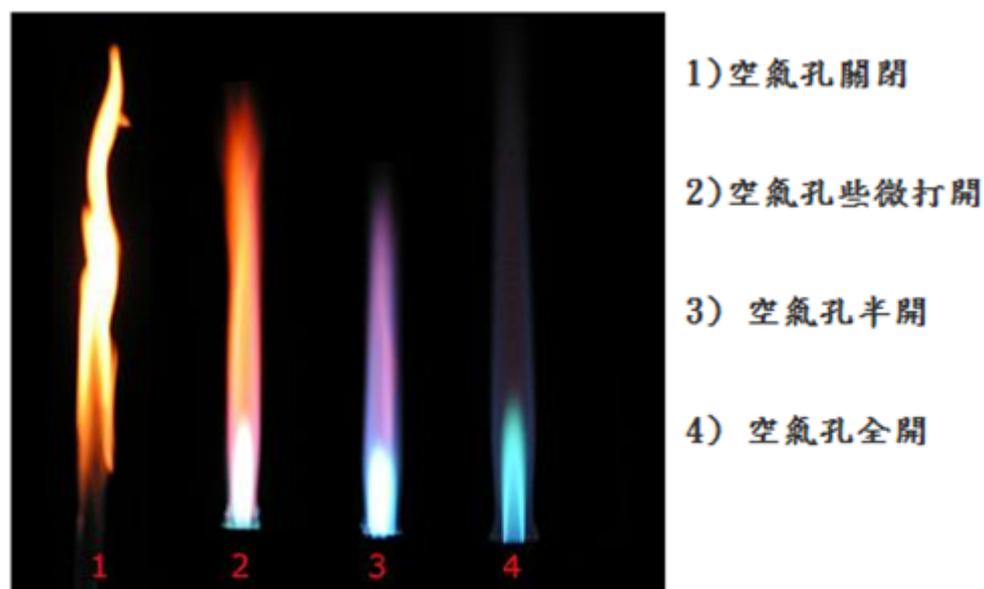


圖2-16 Bunsen burner flames:

圖 2-16 中情況 3 最接近實際爐具燃燒火焰的情形，事實上爐具會因為使用燃料之不同，而呈現出不同之火焰顏色(參考圖 2-17 說明)。

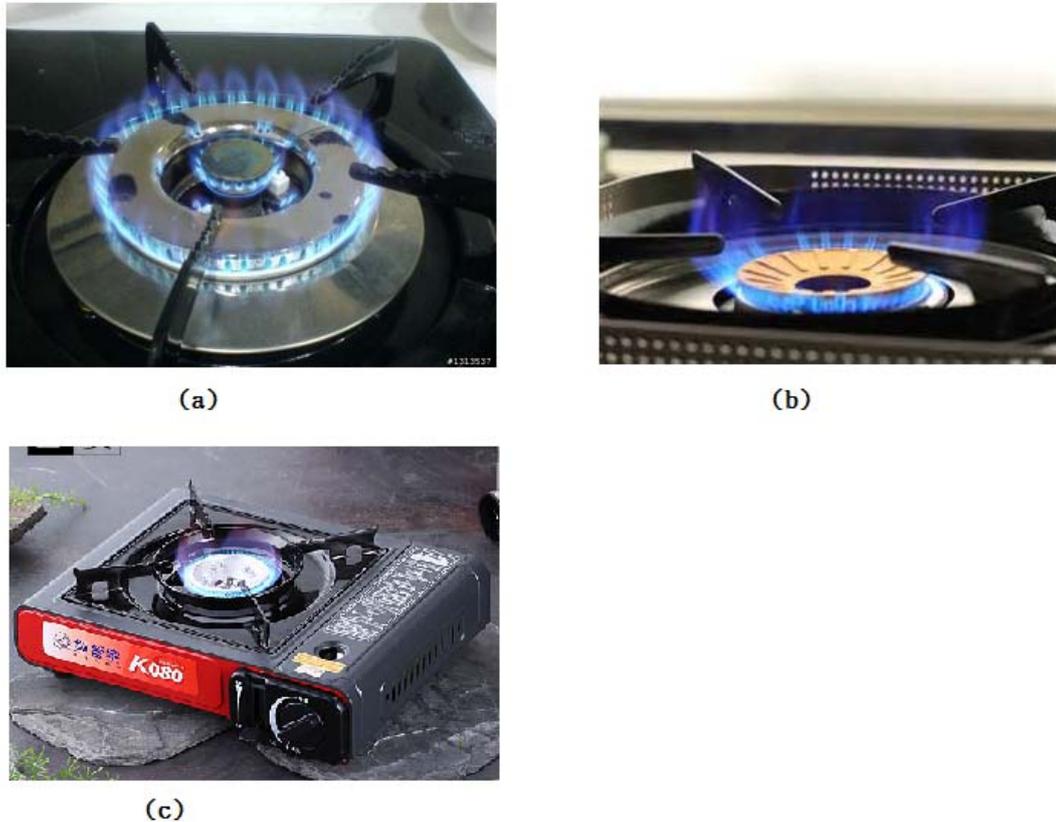


圖2-17 瓦斯爐火焰 (a)台爐(丙丁烷)——外焰淡紫
(b)台爐(天然氣)——藍色火焰
(c)卡式爐(丁烷)——外焰偏紫紅

而爐具之可燃氣體作燃燒產生之溫度是要視與空氣之混合狀態或周圍之狀況而有所差異。火焰溫度之測定方法亦有種種提案，要做準備似有困難，為此常採用理論火焰溫度。實際上在燃燒過程中，熱能會由輻射、傳導等路徑傳至周圍壁面或受熱面而有損失，真正溫度會較理論火焰溫度為低。參考圖 2-18 在空氣中本生式燃燒火焰之溫度實測結果，火焰中之達到最高溫度之位置是在內焰錐之稍微上方處，如使用都市瓦斯時約 1700°C 左右，如以同一條件下其理論火焰溫度達 2050°C 。

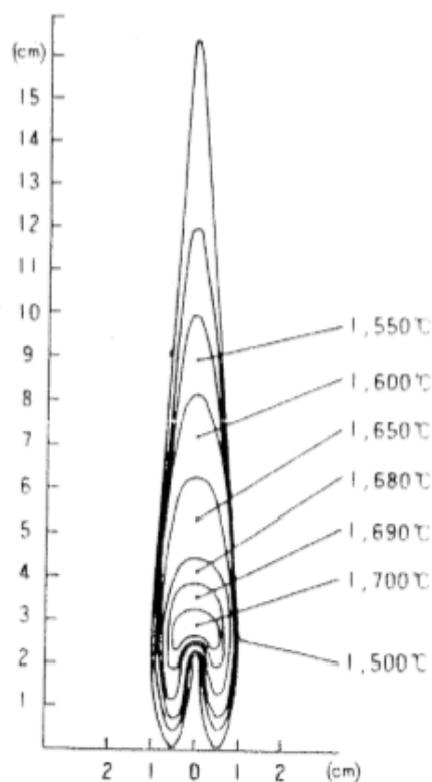


圖2-18在空氣中本生式燃燒火焰之溫度

6. 四種燃燒方式對比歸納

名稱	擴散式	本生式	半本生式	完全預混式	
火焰形狀					
燃燒所需 空氣	一次空氣	0%	60%~70%	30%~40%	100%
	二次空氣	100%	40%~30%	70%~60%	0%
火焰顏色	黃中帶紅	淡藍	偏紅	藍色 爐頭表面紅色	
火焰高度	高	短	比較高	爐頭表面燃燒	
火焰最高溫度(實際)	約 900°C	約 1700°C	約 1000°C	約 950°C	
用途	點火器、瓦斯燈、引火燃燒器	燃氣爐、熱水器、煮飯器、烤箱、浴爐	在大的燃燒室、高溫中燃燒使用	燒烤爐、暖爐、瓦斯器具	

2-3 卡式爐燃燒器工作原理

(1) 大氣式燃燒器^[5]



圖2-19大氣式燃燒器工作示意

如圖 2-19 所示，大氣式燃燒器是目前卡式爐最常見的構造。其工作過程如下：燃氣在一定的壓力下，以一定流速從噴嘴流出進入吸氣混合管，燃氣靠本身的能量吸入一次空氣，在混合管內燃氣和一次空氣均勻混合，然後經排列在爐頭的焰孔流出並被點火火花點燃，再與外部空氣(稱為二次空氣)進行第二次混合，進行正常燃燒。有時也將混合管喉部的一段稱為喉管，它可使混合氣體在管內的速度、濃度和溫度變得均勻。為使燃燒器能穩定進行燃燒，基本上於燃燒器爐頭各焰孔處混合氣體壓力應相等，點燃即形成所謂本生式燃燒。

(2) 紅外線(無焰)燃燒器^[6]

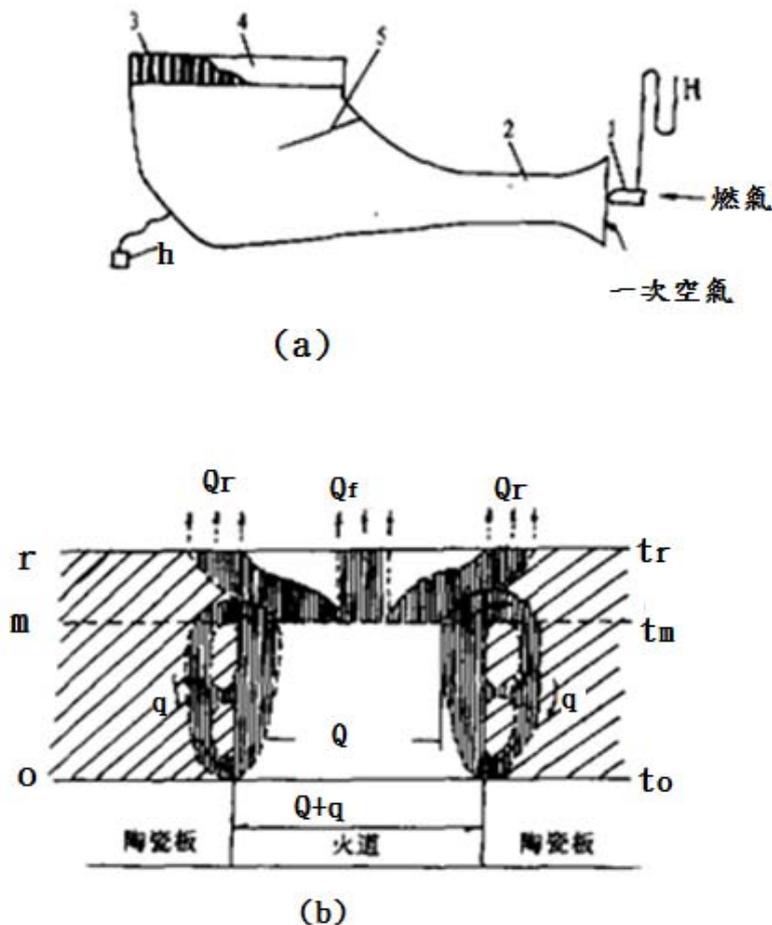


圖2-20 紅外線燃燒器(a)工作示意(b)燃燒過程

紅外線燃燒器為利用特殊耐火材料製成的紅外線輻射板，以完全預混方式，先利用火焰燃燒加熱陶瓷板，使其溫度達到 800~950°C 左右，輻射出紅外線進行一次換熱，再以火焰煙氣進行二次換熱。它突破了傳統的對流換熱方式，利用板面和高溫煙氣對鍋具進行輻射和對流的加熱，解決了以往鍋具傳熱面積不足的問題，使燃氣器具性能得到很大的改善。紅外線燃燒器的陶土板上通常由許多直徑約 1mm 焰孔構成，開孔全面積比一般本生式焰孔面積為大，因此，燃燒器的內壓（0.05~0.2mm 水柱）低，可吸引更多的一次空氣量。陶土板的熱傳

導性小，通常表面溫度約 $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，而背面溫度僅約 200°C 。紅外線燃燒器燃燒所需之空氣僅靠一次空氣就可良好的燃燒，與本生或半本生式燃燒法有所不同，不需依賴二次空氣也能良好燃燒。因此，焰孔方向不需向上，可橫向，也可向下，任何角度均可。如果入熱量增加太多時，陶土板受熱過高，陶土板背面溫度相對提高，而影響陶土板在小孔中之燃燒速度與噴出速度之平衡關係，不但會燃燒不完全，CO 過高，也可能導致回火。

圖 2-20(a)為這種燃燒器的工作示意，其工作原理為：具有壓力為 H 的燃氣自噴嘴 1 噴出，同時吸入全部燃燒需要的空氣量，燃氣空氣混合物通過混合管 2 使其爐頭壓力為 h 。在此壓力作用下，混合物進入陶瓷板火道 3 中完全燃燒後，燃氣產物自孔口逸出。參考圖 2-20(b)，燃氣空氣混合物完全燃燒後自孔口逸出的熱量為 Q ，混合物進入陶瓷板的火道中被加熱，獲得的熱量為 q ，在燃燒帶 m 處完全燃燒共得 $Q+q$ 熱量，此部分中 q 又加熱進入火道的混合物。而 Q 則分兩部分，一部分 Q_f 加熱燃燒產物，使燃燒廢氣溫度達 t_f 並排出火道，另一部分為 Q_r ，是通過表面溫度約 850°C 的陶瓷板，放出波長約 $2.4\mu\text{m}\sim 2.7\mu\text{m}$ 的紅外熱射線而散出，其熱平衡式為： $Q=Q_r+Q_f$ ，同時各處的溫度大致為陶瓷板表面 r 處 $t_r=800^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，燃燒帶 m 處 $t_m=1400^{\circ}\text{C}$ 左右，陶瓷板內表面 o 處 $t_o<$ 混合物的著火溫度 (480°C)。

2-4 預混式燃燒的諸現象^[7]

參考圖 2-21(a)，從燃燒器的焰孔有噴出速度和燃燒速度兩種方向作用，當它的噴出速度和燃燒速度平衡時，是正常燃燒狀態。用公式來表示就是：噴出速度＝燃燒速度，這時火焰緊挨著焰口處燃燒，火焰的內外焰分明，內焰淡清，外焰紫藍色，火勢強，燃燒穩定（如圖 2-21(b)）。若這兩個速度由於某種原因失去平衡，就會出現回火或浮火和不正常燃燒等現象。茲介紹如下：

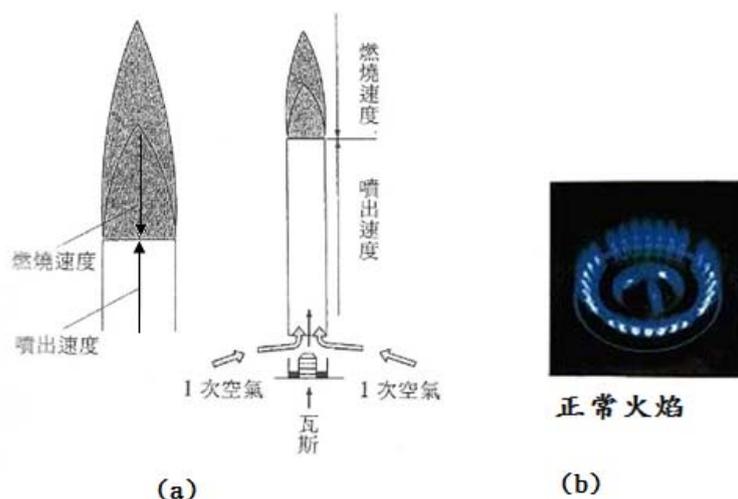


圖2-21 預混式燃燒(a)燃燒與噴出速度
(b)正常火焰

(1) 回火

回火(flash back)是火焰在燃燒器內部燃燒的現象，它是因為燃氣的燃燒速度快於燃氣的噴出速度所造成。目前在燃氣器具中回火現象是這樣的：

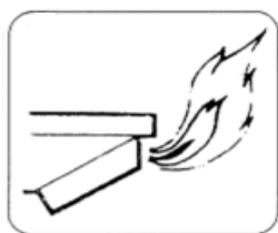
在燃燒點火時，若點火器失靈或安裝位置偏移，開啟器具開關後便不能立刻將燃氣點燃，就會在焰孔周圍積聚大量燃氣—空氣混合物，當

這些氣體著火時，由於氣體體積膨脹便引起一種振盪產生噪音。燃燒過程產生回火時，會先出現一個回火噪音，然後在噴嘴附近管路中的燃燒又不斷地產生噪音。突然關閉器具開關，由於焰孔上還存在殘餘火焰，點燃了燃燒器內部餘氣，從而引起熄火噪音。

而回火的原因約有下列數端：

1. 一次空氣的供給過量。燃燒速度較快的瓦斯，由於一次空氣之過量供給，致使火焰的燃燒速度變快，導致發生回火。
2. 瓦斯的供給壓力過低。
3. 焰孔負荷值過小。
4. 器具噴嘴被雜物堵塞。

(2)浮火(或熄火)



(a)



(b)

圖 2-22 浮火 (a) 浮火示意圖 (b) 浮火火焰

參考圖 2-22，浮火(Lifting)是因為燃氣的噴出速度快於燃氣的燃燒速度所造成，以致火焰浮離於燃燒器焰孔而燃燒之現象。此時火焰短，發生”撥撥”之聲，火焰跳動不已，容易吹熄。導致浮火的原因約有下列數端：

1. 焰孔的有效面積過小，以致於混合氣之噴出速度大於燃燒速度。
2. 瓦斯的供給壓力過高。
3. 一次空氣的供給過量。燃燒速度較慢的瓦斯，如天然氣等，一次空氣之過量供給，亦能導致浮火。

(3) 黃焰(紅火)



(a)



(b)

圖 2-23 (a)黃焰(紅火) (b)黃焰(污物阻塞)

預混式燃燒器，若減少一次空氣之供給，則火焰就會拉長而搖晃不定，燃燒狀態趨熱度減低，此時在高溫缺氧的條件下，發生著碳氫化合物的脫氫過程和碳原子積聚過程，最後生成相當多的固態顆粒，像霧一般分散在氣體中，這些碳粒燃燒時呈現出明亮的淡黃色光焰，使得內焰頂端呈現紅黃色，這紅黃色部分稱為黃焰(Yellow top)，參考圖 2-23(a)。引起黃焰的原因約有下列數種：

1. 燃燒器的設計不良，焰孔負荷不當。
2. 噴嘴或爐頭蓋有油漬或汙物之阻塞(圖 2-23(b))。
3. 瓦斯入量過大或一次空氣量不足。

前述擴散火焰強調黃色火焰的輻射熱傳強，可以提升加熱效果。因此，餐廳爐火常使用黃色預混火焰，特別是大火快炒的烹調方式。但值得注意的是，黃色火焰除了碳微粒多外，不完全燃燒的一氧化碳也多，為了健康著想，家中爐火應避免使用黃色火焰。

(4)煤煙

黃焰與低溫冷面接觸時產生煤煙(soot)，會燻黑鍋底。

(5)連續噪音

燃氣器具使用時通常有兩種聲音：一是噴嘴的噴出音，為燃氣從噴嘴噴出時，會產生像風嘯一樣的聲音，但因聲音不大，一般人都不會去注意，因此沒有多大影響；另一種是燃燒音，這是燃氣中燃燒速度比較快的成分，如氫及一氧化碳等物質燃燒時所造成的聲音，將一次空氣減少，燃燒音就會變小，但一次空氣減少過多將會產生不完全燃燒，因此要適可而止。

(6)爆燃

燃氣與空氣混合後的急遽燃燒現象，爆燃的產生必須要有三個條件（即爆燃三要素），缺一不可。一是有燃料和助燃空氣的積存；二是燃料和空氣混合物達到了爆燃的濃度；三是有足夠的點火能源。爆燃發生時，燃燒產物體積急速膨脹，火焰傳播速度遠遠大於燃燒速度，具有一定的破壞性。但爆燃不能持續，發生在瞬間，火焰傳播速度非常快，達每秒數百米至數千米，火焰的球狀向四方傳播，在百分

之幾至十分之幾秒內燃盡，這就等於燃料同時被點燃，烟氣容積突然增大，同爆炸類似。因此，爆燃與正常燃燒的本質區別在於速度，而正常燃燒因其燃燒產物體積膨脹是穩定的，故其火焰傳播速度與燃燒速度是相等的。

(7) 不完全燃燒



圖2-24 不完全燃燒火焰

前面已經提到，燃燒是一種放熱的化學反應，一般是由碳氫化合物與氧作用產生二氧化碳和水蒸氣。以天然氣的主要成分甲烷為例，它燃燒時的化學方程式為： $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{熱量} + \text{光}$ ，這一反應中，如燃氣與空氣能夠有效混合並燃燒，會達到完全燃燒。但如果室內換氣不好，或因進到燃燒器中的空氣不足，或因燃氣與空氣在燃燒器內未能有效混合，這個反應就可能進行不到最後，而是在反應途中產生中間生成物（CO、碳氫化合物、游離碳……），游離碳因而穿過外焰，使得火焰層次不清(如圖 2-20)，燃燒廢氣中含有一氧化碳，此時火焰頂端呈現淡黃色，火勢柔弱，火焰搖擺如燭火，形成不完全燃燒(incomplete combustion)，產生一氧化碳。一氧化碳對眼鼻有刺激性，它與人體血紅素之結合能力，較氧氣強約 250 倍，若一

氧化碳佔空氣體積之 5%時，2~3 分鐘即有生命的危險。黃焰與不完全燃燒有密切關係，因此不能小看黃焰的出現。

產生不完全燃燒的具體原因有：

1. 空氣量不足

燃氣器具大部分採用大氣式燃燒器，此燃燒器從噴嘴周圍吸進一次空氣與燃氣混合，提高了火焰的燃燒速度，同時也提高了火焰溫度，因此火焰較短。燃氣灶具根據火焰長度裝設了爐架，以保持燄孔面與被加熱物有一定的間距。但是，若一次空氣不足，則火焰變長，火焰會接觸到鍋具底部，火焰溫度降低，致使燃燒反應中斷。

2. 火焰溫度降低

為使燃氣保持連續燃燒，並形成完整的火焰，必須使火焰本身維持相當高的溫度。所以一但火焰與被加熱物體的底面接觸，火焰溫度就會降低，則不能達到完全燃燒。

3. 排煙不充分

燃氣器具因燃燒廢氣能全部並迅速排出，才能繼續完全燃燒。若由於某種原因，而沒能全部排出時，燃燒廢氣就停滯在燃燒器火焰周圍，以致空氣供應不足，造成不完全燃燒。

4. 通風不良

裝設燃具的地方換氣條件不良，就會造成室內空氣不足，燃燒廢氣積聚，導致不完全燃燒。

參、研究方法

攜帶式卡式爐的檢測國家標準為 CNS14529(公布日期 90 年 3 月 6 日)，其性能試驗項目如表 3-1；表 3-2 為構造及尺度試驗。

表 3-1 性能試驗

項目		性能
燃氣通路之氣密		1、從容器至器具接合部，加以 9 kgf/cm ² 之壓力用洩漏試驗液檢查有否洩漏，但有容器從器具脫離之安全裝置者，以安全裝置作動之壓力為之。 2、從容器和器具之接合部至器具之穩壓器之高壓側處，依照圖 3-1 所示之試驗裝置將容器裝置後使器具開關全開，加以 9 kgf/cm ² 之壓力，用洩漏試驗液檢查各部是否有洩漏。 3、從器具穩壓器低壓側至器具開關處：將器具裝置容器後，於器具開關全閉狀態下，以檢知火燄、肥皂液等檢查各部是否洩漏。 4、從器具開關至燄孔處：將器具開關全開，並且點燃燃燒器，以檢知火燄檢查各部是否洩漏。
燃氣通路之耐壓		1、在容器和器具穩壓器之間：依照圖 3-1 所示之試驗裝置，將容器裝置後使器具開關全開，於一分鐘內加以 13 kgf/cm ² 之壓力，目視檢查，不得有洩漏、變形及破壞。 2、在器具穩壓器高壓側處：依前項規定試驗，依目視檢查，不得有洩漏、變形及破壞。
燃燒狀態	通常使用狀態	能確實移火且無爆炸性著火及全部焰孔應 4 秒內著火
		不得有浮火
		不得熄火
		無回火
		火燄要均勻
		連續噪音應在 60 dB 以下
		熄火時無爆炸音及 4 秒內熄火
		理論乾燥燃燒廢氣之中 CO 濃度(體積%)應在 0.14 % 以下
不發生煤煙		

		電極部位正常使用時不得與黃燄接觸	
	使用過大尺度之鍋具時之狀態	火燄不得有搖晃, 模糊及刺鼻臭味情況	
溫度上升	溫度上升	操作時手碰觸部位之表面	金屬部分 60 °C 以下 非金屬部分 70 °C 以下
		操作時手可能碰觸部位之表面	140 °C 以下
		器具開關本體內燃氣通路部位之表面	85 °C 以下或依耐熱試驗符合燃氣通路之氣密試驗項, 且已確認對操作未有異常之溫度以下
		器具開關以外之燃氣閉止閥本體燃氣通路之表面	85 °C 以下或依耐熱試驗符合燃氣通路之氣密試驗項, 且已確認對操作未有異常之溫度以下
		點火組件(含壓電元件)之表面	85 °C 以下或依耐熱試驗已確認對使用上無障礙之溫度以下
		器具穩壓器燃氣通路之表面	70 °C 以下或依耐熱試驗符合燃氣通路之氣密試驗項目, 且調整壓力之變化已被確認在 8 % 以下
		乾電池之表面	55 °C 以下
		器具後面、側面之木壁表面、器具下面之木台表面	100 °C 以下
	使用過大尺度之鍋具時溫度上升	器具後面、側面之木壁表面、器具下面之木台表面	135 °C 以下
電氣點火性能		10 次中有 8 次以上能點著, 不得有連續不點火, 且不得有爆炸性點火	
容器內壓力		壓力不超過 4 kgf/cm ²	
壓力感知安全裝置之作動性能		4 kgf/cm ² 以上 6 kgf/cm ² 以下之範圍內要作動, 且應有燃氣通路關閉後不得自動開啟之構造	
器具之使用性能		熱效率 40 % 以上	
燃燒消耗量		以器具使用燃氣量最多時之使用狀態為器具之通常使用狀態。	

表 3-2 構造及尺度試驗

項目	內容
一般構造規定	器具及器具各部之構造, 在製造上應考慮有關燃氣洩漏、發生火災之安全性及耐用性, 於通常運輸、安裝、使用時不產生破損或對使用上有障礙之變

形，並應符合下列各項。

- (1)由外部可以確認器具燃燒器之燃燒狀態。
- (2)對燃燒器之點火，原則上可使用火柴或點火器等。
- (3)使用中或作清潔時，手會碰觸部位之邊緣應光滑。
- (4)在清潔維修時須拆下之部位，原則上能以普通工具作卸裝。
- (5)用於裝接各部位之螺釘應具備有效鎖緊功能，且維修須拆下之零件能反覆使用。
- (6)燃氣通路部分應依下列規定：
 - (a)燃氣導管應裝在不會過熱及無腐蝕性之地方，另外加上防護措施應無使用上之障礙。
 - (b)連結處由熔接、螺牙旋緊、螺栓螺帽等方式接合者，應注意其氣密性。
 - (c)應備有第 3.2 節規定之器具開關。
 - (d)噴嘴要有第 3.3 節之規定。
 - (e)應備有第 3.4 節規定之燃燒器。
- (7)應備有第 3.6 節規定之爐架等。
- (8)應備有第 3.7 節規定之湯盤，但露營及野外用除外。
- (9)容器與器具之裝卸容易且確實，操作時不應有異常發生。
- (10)容器與器具接合時，容器應朝容器閥軸之方向否則不能接合，另外容器與器具不能直接使用密合墊來接合。
- (11)容器接合後，不能由接合處洩漏燃氣。
- (12)在通常使用狀態時，不能裝入預備容器。
- (13)器具開關須在關閉位置，否則容器與器具不能接合。
- (14)燃氣不滯留在容器組裝進去之部分。
- (15)應具備有器具穩壓器。
- (16)應具備第 3.9 節規定之壓力感知安全裝置。
- (17)器具使用之各種裝置應符合下列規定：
 - (a)空氣調節器應符合第 3.5 節之規定。
 - (b)電氣點火裝置應符合第 3.8 節之規定。
- (18)在通常使用狀態時，爐腳以外之部分不得直接接觸台面。

	<p>(19)在通常設置狀態時，於通常使用狀態下應不容易移動或傾倒。</p> <p>(20)在通常使用狀態或輸送中所加之振動及衝擊不應影響器具之氣密性。</p> <p>(21)依第 5.2.2 節試驗在任何方向傾斜 10 度角以下，皆不能有傾倒及會發生火災之零件、移動或脫落。</p> <p>(22)以一般負載不發生破損，使用上不發生障礙之變形。</p> <p>(23)器具開關關閉後容器取出時，燃氣從器具被放出之構造，該被放出之燃氣是積存部分其內容積(器具開關至焰孔間之部分除外)在 1cm³ 以下。</p> <p>(24)通常使用狀態時由容器取出之燃氣是氣體狀態。</p> <p>(25)湯盤及爐架顛倒安裝時，不能點火或鍋子等不能放置。</p> <p>(26)器具與容器之接合，如果容器裝置之位置不正確時，不容易與器具接合</p>
器具開關	用旋鈕作開閉者，做「開」動作時，原則上以反時鐘方向為準
噴嘴	噴嘴應裝設在不因外部塵埃、雜物等附著且不容易堵塞之位置
燃燒器	<p>(1)熔接等接合部位不得有對使用上障礙之瑕疵。</p> <p>(2)焰孔不得有影響燃燒之變形。</p> <p>(3)必要以外部位不得因火焰加熱而損壞。</p> <p>(註)燃燒器為陶瓷材料者,於點燃燃燒器 15 分鐘後，以 10°C，20c.c 之水潑入燃燒器，反覆六次，須符合：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 陶瓷片應能承受劇烈的溫度變化，不得有裂痕。 2. 燃燒器為雙環火以上者，須另加測內環火部份。
空氣調節器	<p>(1)空氣量之調節要容易，在通常使用操作時設定位置不得發生變化。</p> <p>(2)有空氣調節旋鈕者應設在容易操作之位置，能確實且順暢操作且開關操作方向要明確。</p>
爐架	<p>(1)有在通常之使用狀態下無障礙之強度。</p> <p>(2)在通常之使用狀態下能固定。</p>
湯盤	(1)能承受滾溢湯汁之形狀。

	(2)能拆下方式者，原則上以不必使用工具就能裝卸，但承受湯汁盤與頂板為一體者，可用普通工具裝卸，但器具內部容易清掃者除外。	
電氣點火裝置	<p>利用放電發生之火花作點火之裝置應符合下列各項：</p> <p>(1)電源用之電池應容易更換。</p> <p>(2)電極部應設在平時不與黃端焰接觸之位置。</p> <p>(3)電極部應牢固，於經常使用狀態下不致讓其與燃燒器位置及電極間隙發生變化。</p> <p>(4)高壓配線之放電部與非放電之金屬間，應保持電極間隙以上之充分距離或者施以有效之電氣絕緣措施，以免於點火操作時發生漏電。</p> <p>(5)於通常使用時手可能碰觸之高壓配線部分，應施予有效之電氣絕緣措施。</p>	
壓力感知安全裝置	<p>(1)從容器和器具之結合部至器具穩壓器之高壓側部位，在壓力 4 kgf/cm² 以上 6 kgf/cm² 以下範圍內時，燃氣通路應關閉，或與器具結合之容器從器具結合處脫離，而使燃氣停止供應之構造。</p> <p>(2)在高壓部之壓力 4 kgf/cm² 以上 6 kgf/cm² 以下範圍內，燃氣通路被關閉後高壓部之壓力產生變化時，須具有燃氣通路不能自動開啟之構造。</p>	
構造及尺度之試驗	一般性	如無特別規定之試驗項目，以試驗儀器或操作或目視檢查是否符合第 3 節之規定。
	傾倒試驗	將器具水平放置在傾倒試驗機上，慢慢傾斜至 10 度止，檢查有無可能翻倒及有可能引起火災之零組件不得脫落或移動。
	振動及落下試驗	<p>(1)振動試驗：器具在包裝狀態(可出貨之情況)，水平固定在振動試驗機上，以振動數 600 回/分，全振幅 5mm 依上下及左右方向各振動 30 分鐘。</p> <p>(2)落下試驗：將容器裝置於器具內呈能點火使用前之狀態後，以燃燒器向上由 30 公分高處自由落下至水平木製地板上。器具在包裝狀態(可出貨之情況)以燃燒器向上，由 1m 高自由落下至地板。</p>

	載重試驗	將器具水平放置於堅固平台上，於器具各個爐架之中央部位加以 5 kg 之載重(直徑 260 mm 之重物)5 分鐘，用目視檢查有無變形或破損。
	誤使用防止試驗	<p>(1)湯盤等誤裝置防止試驗： 湯盤倒放或湯盤與爐架分離之器具，該爐架誤置放狀態下，放置鍋子點火操作，以鍋子是否放置安穩、是否能點火，以目視查看之。</p> <p>(2)容器誤裝防止試驗： (a)試驗用之容器以 CNS 14530 所規定之容器使用之。 (b)將容器以不適正之位置裝置後，在操作旋鈕中央 3 秒內加以 150 N 之力(迴轉式時以 100 Ncm 之迴轉力)查看是否能將容器裝著。 (c)(a)項之試驗後，在通常使用狀態下，再依 CNS14529 表 1 之燃氣通路之氣密性，電氣點火性能、壓力感知安全裝置之作動性能及 3.1 節之(9)、(13)等，試驗是否符合規定。</p>

本研究將依表 3-1、表 3-2 內容，就重點檢驗項目對 10 件卡式爐樣品進行試驗。結果用來分析及探討原因，並瞭解數據所呈現的意義。

3-1 檢測要求及目的

(1)構造檢查：

1. 檢測要求：依表 3-2 規定之試驗項目，以試驗儀器或操作或目視檢查是否符合 CNS14529 構造及尺度之規定。
2. 檢測目的：確認零組件在使用上具備安全性及應有的功能，誤操作時的防範結構，瓦斯罐氣密接合的方式，結構體本身及承載鍋具的穩定與強度，組裝的方便性與安全性。

(2)燃氣通路之氣密性：

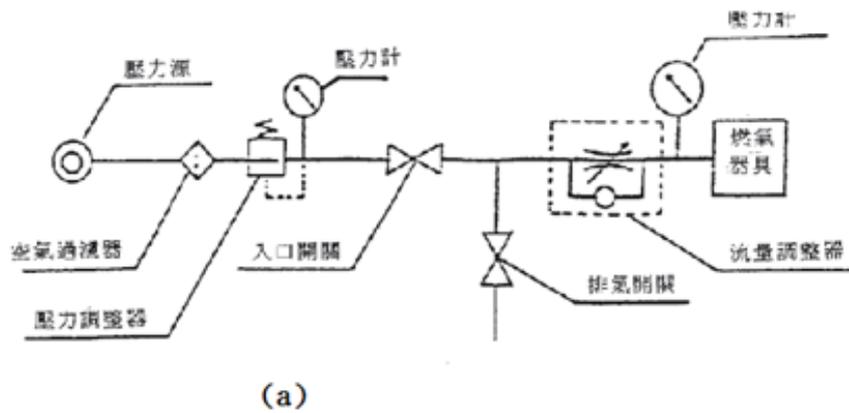


圖3-1耐壓、氣密性能試驗(a)裝置示意(b)圖例

1. 檢測要求：依照圖 3-1(a)將器具裝置，參考表 3-1 規定之方法試驗，不得對外洩漏。
2. 檢測目的：確保燃氣通路有關的導管、接合件、鎖固件及控制開關等，在使用中不得漏氣。

(3)燃氣通路之耐壓性：

1. 檢測要求：依照圖 3-1(a)將器具裝置，參考表 3-1 規定之方法

試驗，不得變形、破損或洩漏。

2. 檢測目的：確保卡式爐及瓦斯罐接合處至穩壓安全裝置高壓端，結構強度及氣密性。

(4) 壓力感知安全裝置：

1. 檢測要求：依照圖 3-1(a)所示之試驗裝置，將器具裝妥，並以空氣壓每秒 0.5 kgf/cm^2 壓力之速度加壓，查看其作動之壓力是否符合 4 kgf/cm^2 以上 6 kgf/cm^2 以下之範圍，且應有燃氣通路關閉後不得自動開啟之構造。
2. 檢測目的：確保爐具不當使用燃燒產生過熱，造成容器內部瓦斯壓力的升高，恐有導致氣爆引燃意外之虞。該裝置瓦斯罐於 $4\sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 壓力，能作動切斷燃氣通路的安全保護裝置。

(5) 電氣點火性能：

1. 檢測要求：10 次中有 8 次以上能點著，不得有連續不點火，且不得有爆炸性點火。
2. 檢測目的：確保於燃燒使用時，電氣點火裝置及瓦斯旋鈕開關的相互配合性，並執行點火操作時，能確實引燃。

(6) 燃氣消耗量：

1. 檢測要求：器具狀態是以器具使用燃氣量最多時之使用狀態，並以表 3-3 中之最大鍋注入深 $1/3$ 之水，放在器具上

方(參考圖 3-2)，點火後燃燒三十分鐘，並以三瓶

容器試驗之，而燃氣消耗量(W)依下列公式計算：

$$W = \frac{2}{3} \sum_{n=1}^3 (W_A - W_B)$$

W：燃氣消耗量(g/h)
 W_A：試驗前容器之重量(g)
 W_B：試驗後容器之重量(g)

2. 檢測目的：實測器具在通常使用狀態下之熱負荷，以確認本體

標示耗氣量之準確度。

燃氣消耗量 g/h	試驗用鍋之大小 口徑標稱 cm	口徑 cm	深 m	鍋底圓部 (曲彎半徑) mm	質量 g	熱效率測定 時之水量 kg
90 以下	14	140	64	20	130	0.65
超過 90	115 以下	16	160	73	155	1.0
超過 115	145 以下	18	180	82	190	1.4
超過 145	175 以下	20	200	91	250	2.0
超過 175	210 以下	22	220	100	300	2.7
超過 210	250 以下	24	240	109	380	3.5
超過 250	300 以下	26	260	118	470	4.4
超過 300		28	280	128	585	5.6
						--
						--



圖3-2.燃氣消耗量試驗器具裝置圖例
 (7) 器具之使用性能。

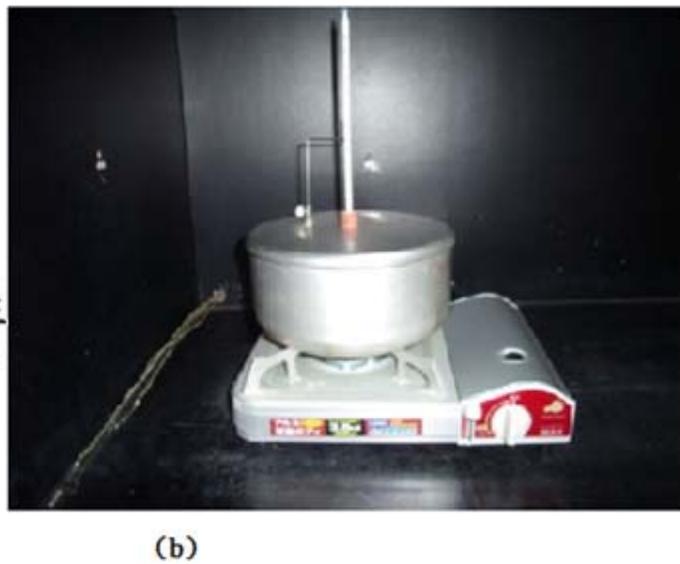
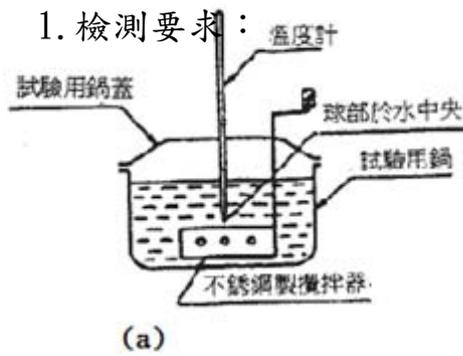


圖3-3使用性能試驗(a)示意圖(b)器具設置圖例

如圖 3-3，器具上方擱置表 3-3 所規定之試驗鍋，並注入同表所示之水量。將盛水之試驗鍋蓋上鍋蓋點燃燃燒器，當水溫升至較初溫高 45°C 時，開始用攪拌器攪拌，至較初溫高 50°C 時即停止供氣。繼續作攪拌，使水溫達到最高溫作為最終溫度，同時測量燃氣使用量及其所需數值，熱效率依下列公式計算：

$$\eta = \frac{M \times C \times (t_2 - t_1)}{V \times Q} \times 100$$

η ：熱效率(%)

t_2 ：被加熱水之最終溫度($^{\circ}\text{C}$)

M ：用於加熱試驗之水質量(kg) t_1 ：用於加熱水之初溫($^{\circ}\text{C}$)

C ：用於加熱試驗之水比熱【 $\text{KJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 】 ≈ 4.19

Q ：燃氣之總發熱量(kw/g) V ：實測燃氣之消耗量(g)

2. 檢測目的：採用標準鍋具與標準方法對燃氣具的熱效率進行測試，以檢測是否符合 40%以上之要求。

(8)燃燒狀態(浮火、熄火、回火、黃焰、煤煙、連續噪音、CO 濃度)：

1. 檢測要求：

(a) CO 濃度檢測：理論乾燥燃燒廢氣之中 CO 濃度(體積%)應在 0.14 %以下。為燃燒器點燃後經十五分鐘，依圖 3-4 由器具之燃燒廢氣排放部全面均勻採取廢氣樣品，測定乾燥燃燒廢氣中之 CO 濃度及 O₂ 或 CO₂ 濃度，依下列公式計算：

$$CO = CO_a \times \frac{O_{2t}}{O_{2t} - O_{2a}}$$

CO：理論乾燥燃燒廢氣中 CO 濃度(體積%)

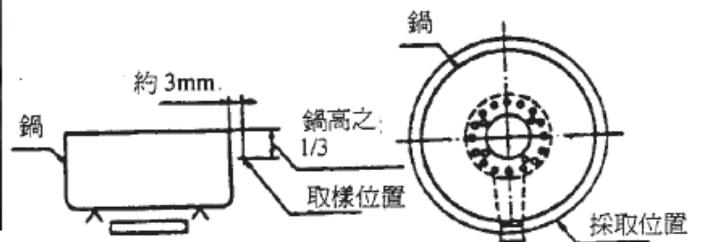
CO_a：乾燥燃燒廢氣中 CO 濃度實測值(體積%)

O_{2t}：供氣環境中乾燥狀態之 O₂ 濃度實測值(體積%)，如係新鮮空氣則 O₂=21%

O_{2a}：乾燥燃燒廢氣中 O₂ 濃度實測值(體積%)



(a)



(b)

圖 3-4 (a)CO、燃燒狀態之器具設置(b)燃燒廢氣取樣位置示意

(b)燃燒狀態檢視：器具之設置狀態同圖 3-4，試驗中要經常注水入鍋中，保持鍋深 1/2 之水。試驗方法依照下列

規定。

●移火：使用燃氣調節鈕往“大”之方向連續五次，查看能否確

實移火且無爆炸性著火及全部焰孔應 4 秒內著火。

●浮火：燃燒器點燃經十五秒後用目視查看。

●熄火：燃燒器點燃經十五秒後用目視查看。

●火焰之均勻性：點燃而火焰穩定後用目視查看。

●回火：燃燒器點燃經三十分鐘後用目視查看。

●黃焰：電極部位正常使用時不得與黃焰接觸。

●煤煙：不發生煤煙。

●連續噪音：連續噪音應在 60 dB 以下。

2. 檢測目的：檢測器具使用時，火焰是否穩定均勻，及有無不正
常的燃燒現象；並藉由燃燒火焰，檢測卡式爐之瓦斯與
空氣混合燃燒所產生的廢氣中 CO 值是否符合規定。

(9) 標示：

1. 檢測要求：如表 3-4。

2. 檢測目的：使消費者選購使用時能知道廠商來源、產品使用型式
規格、安裝及點火操作方式、使用上所需注意避免危
險的安全使用注意事項。

表 3-4 標示檢視規定

<p>7.1 成品之標示</p> <p>7.2 使用標示</p>	<p>在器具易見之表面以不易磨滅之方式標示下列各項：(1) 器具之名稱、型式代號。 (2) 製造年月或批號。 (3) 製造廠商名稱或其代號。</p> <p>第 7.2.1 節操作標示： 對點火、熄火、調節等使用操作不容易判斷者，應在器具易見處，用不易磨滅之方法，將操作使用方法簡明標示。</p> <p>第 7.2.2 節使用注意標示：應在器具適當之處標示下列各項： (1) 應有遵照使用說明書之提示。 (2) 有關使用容器之型式等事項。 (3) 確認點火、著火、熄火動作之提示。 (4) 有關使用上應注意之事項。 (5) 有關維修、清潔等事項。</p>
<p>商品檢驗法第十一條</p>	<p>報驗義務人於商品之本體、包裝、標貼或說明書內，除依檢驗標準作有關之標示外，並應標示其商品名稱、報驗義務人之姓名或名稱及地址。</p>

3-2 檢測對象

本次研究的檢測對象 10 台如表 3-5 所示。

表 3-5 樣品來源:102 年度「攜帶式卡式爐」商品市場購樣

編號	廠牌	型式/規格	產地	樣品態樣	價格(元)
1	火鳥	SD-008 /160g/h	韓國		890
2	灰熊	GL-090M /160g/h	中國大陸		399
3	Iwatani	ZA-3	中國		999



		/192g/h	大陸		
4	FP	EJ-168 /150g/h	中國 大陸		299
5	TEMBA	TB-010M /160g/h	中國 大陸		339
6	歐倍特	SG-910(T) /160g/h	中國 大陸		319
7	御膳坊	VE-03 /150g/h	越南		389
8	歐王	JL-168 /135g/h	臺灣		1,399
9	妙管家	HKR-080M /160g/h	中國 大陸		690
10	日象	ZOI-800 /170g/h	韓國		1,190

3-3 檢測儀器

1. 試驗器具名稱：桿狀溫度計(0~100°C/1°C)



2. 試驗器具名稱：溼度計(0~100%)



3. 試驗器具名稱：馬錶(60 分鐘/1 秒)



4. 試驗器具名稱：磅秤(0~6000g/0.1g)



5. 試驗器具名稱：CO/ O₂ 濃度測定



分析器具

6. 試驗器具名稱：燃燒狀態試驗裝置



7. 試驗器具名稱：噪音計(30~120dB)



8. 試驗器具名稱：氣密/耐壓試驗裝置(0~20kgf/cm²)



9. 使用性能試驗裝置/試驗用鍋、鍋蓋、攪拌器(14~28cm)



3-4 檢測條件

名稱	試驗室溫度	試驗室濕度	室內環境	試驗容器	器具狀態
1. 構造檢查	20±15°C	65±20%	二氧化碳 0.2%以下， 一氧化碳 0.002%以下	N/A	N/A
2. 燃氣通路之氣密性	20±15°C	〃	〃	N/A	N/A
3. 燃氣通路之耐壓性	20±15°C	〃	〃	N/A	N/A
4. 壓力感知安全裝置	20±15°C	〃	〃	N/A	N/A
5. 電氣點火性能	20+5°C	〃	〃	須放置於20+5°C之空氣中二小時以上	以器具使用燃氣量最多時之通常使

					用狀態，試驗鍋注入鍋深1/3之水量
6. 燃氣消耗量	20±5°C	"	"	須放置於20±5°C之空氣中二小時以上	以器具使用燃氣量最多時之通常使用狀態，試驗鍋注入鍋深1/3之水量
7. 器具之使用性能	20±5°C	"	"	須放置於20±5°C之空氣中二小時以上	以器具使用燃氣量最多時之通常使用狀態，試驗鍋注入同表所示之水量
8. 燃燒狀態(浮火、熄火、回火、黃焰、煤煙、連續噪音、CO含量)	20±5°C	"	"	須放置於20±5°C之空氣中二小時以上，且使用規定充填量之50%燃氣質量之容器	以器具使用燃氣量最多時之通常使用狀態，試驗鍋保持鍋深1/2之水量
9. 標示	20±15°C	"	"	N/A	N/A
備註	所謂通常使用狀態即以表3-3規定之試驗鍋注入水量，放在燃燒器上方，點火使用之狀態，且應將空氣調節至最良好之使用狀態。				

肆、檢測結果報告

4-1 檢測結果

本次檢測之10台樣品中，在構造檢查方面有1台其防止容器誤裝試驗不符合；3台於通常使用狀態時，爐架下方可裝入預備容器判定不符合。標示檢查則有2台無標示報驗義務人之地址，判定不符；1台標示出廠日期，不符CNS 14529規定，因此也判定不符。

4-2 分析探討

(1) 構造檢查

1. 檢測結果彙整表

編號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
是否具備穩壓安全裝置	○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
有無氣瓶安全裝置	○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
防止爐架倒置功能	○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
防止氣瓶誤裝功能	○ 符合 ● 不符合	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
防止裝入預備容器功能	○ 符合 ● 不符合	○	●	○	○	●	○	○	○	●	○
容器與器具接合方式	○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

CNS 14529 第 3 節對攜帶式卡式爐安全性之功能要求，規定卡式爐應具備有：a. 穩壓安全裝置：如容器內壓力過高時，會自動切斷氣路並絕不自動復位。b. 容器裝入安全裝置：如開關未關（旋鈕處於“開”的位置），容器將無法安裝。c. 卡式爐與容器閥門的結合部位不可直接使用密合墊。d. 防止爐架及湯盤倒置裝置：即倒置時不能點火或鍋子不能放置。e. 防止容器誤裝裝置。f. 防止裝入預備容器功能。

●其中在防止容器誤裝試驗方面，編號4樣品沒有容器誤裝功能，且試驗不符合，說明如下：

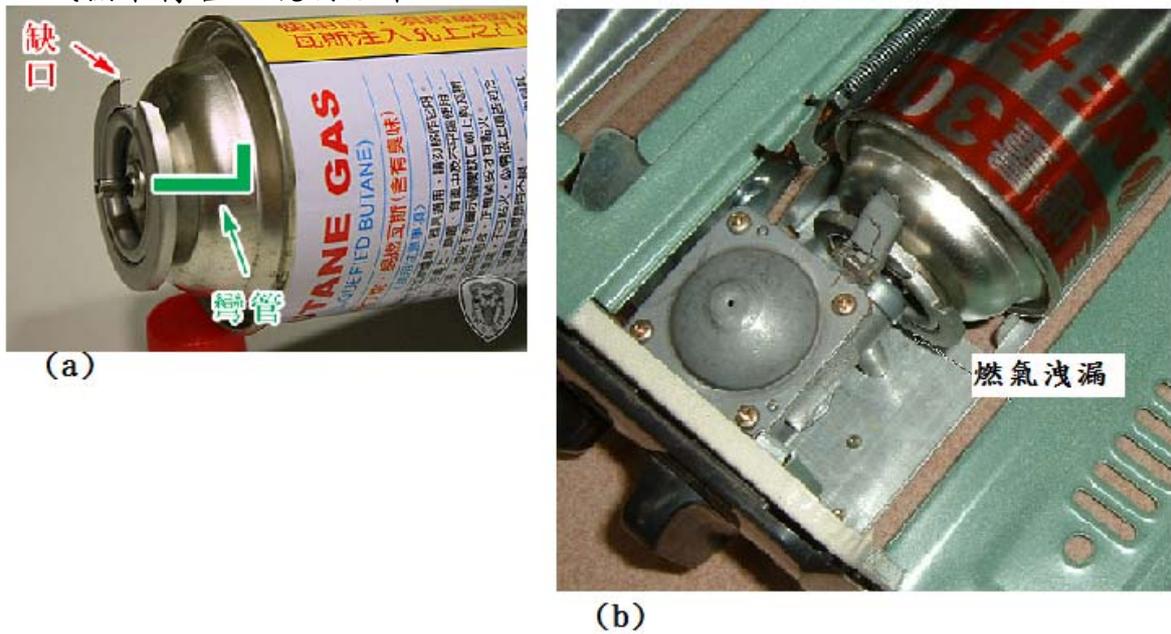


圖 4-1(a)容器輸出結構(b)容器誤裝試驗結果及情形

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwata ni	FP	TEMB	歐倍 特	御膳 坊	歐王	妙管 家	日象
將容器以不適正之位置裝置後，在操作旋鈕中央3秒內加以150 N之力(迴轉式時以100 Ncm之迴轉力)查看是否能將容器裝著(容器裝置槓桿可否壓下)。										
○ 壓下	●	○	○	○	○	○	○	●	○	●
● 壓不下										
洩氣	N/A	否	否	是	否	否	否	N/A	否	N/A

卡式罐容器的輸出結構如圖 4-1(a)所示，依內部 L 型彎管設計，彎折方向剛好對應到罐身上端的缺口，因此，卡式瓦斯罐在橫放使用時，應將缺口朝上，才能確保使用時罐內輸出的是氣態瓦斯。即我們

裝置瓦斯罐時，瓦斯罐上端的缺口必需對準穩壓器上的導引片，此時壓下容器裝置槓桿，才能正確的將容器裝上。而容器誤裝防止試驗的目的，就是預防當民眾沒有以正確方式裝置瓦斯罐時，此時瓦斯罐之缺口沒有向上，若使用的卡式爐其容器裝置槓桿可壓下，可能會因接合處不緊密或閥軸不正，則燃氣會在器具接合處有液態瓦斯洩漏。前述液化石油氣加壓液化後，其容積與氣體時相比變化很多，所以洩漏的瓦斯一遇到空氣便迅速氣化，體積漲大 250~300 倍，液化石油氣是易燃易爆氣體，與空氣混合後濃度可達到 2%~10%的爆炸極限，這樣一但遇到火星便會立即爆燃或釀成火災。若容器裝置槓桿壓下後接合處燃氣不洩漏，民眾也可點火使用，則也會因卡式罐裏頭的 L 型彎管吸到液態瓦斯，造成火焰有忽大忽小的情況。圖 4-1(b)，編號 4 樣品即是容器以不適正之位置裝置，在壓下容器裝置槓桿後，燃氣從器具接合處洩漏，不符原因為我們視容器為接著狀態，若依燃氣通路之氣密性、電器點火性能、壓力感知安全裝置之作動性能試驗將不符規定。而編號 2、3、5、6、7、9 雖然也沒有容器誤裝功能，但以不適正之位置裝置，加以 150N 之力將容器裝置槓桿壓下後，燃氣不會從接合處洩漏，也無法點火使用，我們是以容器為未接著狀態，不必再依燃氣通路之氣密性、電器點火性能、壓力感知安全裝置之作動性能試驗，故其容器誤裝試驗是符合規定的。編號 1、8、10 有容器誤裝功能之設計，即容器以不適正之位置裝置後，容器裝置槓桿加以 150N

之力時無法將其壓下，即不能裝上瓦斯罐，為最安全的機構設計。

●由於 95 年間宜蘭縣某國小在教室進行親子綜合教學活動，使用攜帶式卡式爐煮魚丸湯時，因一名學童的父親多塞了一個瓦斯罐在爐架下方當預備罐，導致學童使用時發生瓦斯罐爆炸意外，從而提高政府機關與相關檢驗部門對卡式爐國家標準就嚴禁爐架下方預留預備罐之空間安全性的高度重視與警覺。編號 2、5、9 不符合情形就是在通常使用狀態時，爐架下方可裝入預備容器（參考圖 4-2），不符合 CNS14529 第 3.1.12 規定。考量此 3 款市購樣品均是本局型式試驗合格之商品，其不符合的處理方式於是依消費者保護法第 38 條規定，即中央主管機關認為商品確有損害消費者生命、身體、健康或財產，或確有損害之虞者，應命其限期改善、回收或銷燬，必要時並得命企業經營者立即停止該商品之設計、生產、製造、加工、輸入、經銷或服務之提供，或採取其他必要措施。故樣品以未於明顯處標示“請勿置入預備瓦斯罐”警語原因，判定不符合。



表 4-1 液化石油氣組分及水的體積膨脹係數/ $^{\circ}\text{C}^{-1}$

溫度/ $^{\circ}\text{C}$	丙烷	正丁烷	異丁烷	水
0~10	0.00265	0.00181	0.00233	0.0000299
10~20	0.00258	0.00237	0.00171	0.00014
20~30	0.00352	0.00173	0.00297	0.00026
30~40	0.00340	0.00227	0.00217	0.00035
40~50	0.00422	0.00222	0.00266	0.00042

現分析前述爐架下方預備瓦斯罐發生氣爆的原因及危險性：由於丁烷氣是經過加壓以液態充入瓦斯罐，部分液體分子蒸發為蒸氣，當氣、液兩相達到平衡時，瓶內具有飽和蒸汽壓。瓦斯罐使用溫度愈高，其飽和蒸汽壓愈大，瓶罐內壁所受的壓力也愈大。由表 4-1 知，液化石油氣液體的體積膨脹係數比水大十幾倍，且隨溫度的升高而增大。因爐架下方之預備罐受熱溫度上升，瓶內丁烷液體體積迅速增大，所占氣瓶的容積也增加。當溫度達到氣瓶設計的溫度時，氣瓶內的丁烷液體此時占氣瓶的九成容積以上，此時，瓶內壓力仍然是此溫度下的飽和蒸汽壓，是安全的。但當溫度繼續上升時，瓶內液體體積便會全部充滿，氣瓶內就不存在氣相空間了。這時，氣瓶所受壓力直接受液體膨脹的壓力作用。溫度再升高時，瓶內壓力急劇增大，只要再升溫數度，氣瓶就會因瓶內的壓力超過其耐壓強度而發生自爆，造成嚴重的事故。雖然一般瓦斯罐罐裝時，大都灌至瓶內容積的 85%，留有 15% 的空間來避免瓦斯罐受熱脹裂，但民眾也切勿將預備罐靠近火源，也

不可為多帶 1 瓶瓦斯罐而將其裝在爐架下方。

(2) 燃氣通路之氣密性

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

燃氣洩漏是危險的，易引起中毒、火災、爆炸事故，必須避免。漏氣一般有 3 種情況：第一，燃氣系統的接頭處漏氣。如果是螺紋密封，則與螺紋品質及密封填料有關。如果是 O 形圈密封，間隙應合適，O 形圈的硬度、扯斷強度應品質過關。如果是靠金屬材料的端面密封，如擴口式管接頭，除角度和密封面大小按要求加工外，安裝時應壓緊。第二，燃氣管路材料品質造成漏氣。如管材有製造缺陷而漏氣、管件有砂眼而漏氣等。第三，閥門漏氣。旋塞閥閥芯與閥體之間應有密封脂，而且要塗抹均勻。閥體與閥芯密封面要光滑無劃傷。燃氣器具氣密試驗的主要目的就是檢查上述部位是否洩漏，由檢測結果知，

10 台市購樣品其燃氣通路之氣密試驗均符合要求。而在氣密試驗中，CNS14529 所規定的各部件間使用的檢查方式並不相同，如下所示：

高壓部	從容器至器具接合部	加以 9 kgf/cm ² 之壓力用洩漏試驗液檢查有否洩漏，但有容器從器具脫離之安全裝置者，以安全裝置作動之壓力為之。
	從容器和器具之接合部至器具之穩壓器之高壓側	將容器裝置後使器具開關全開，加以 9 kgf/cm ² 之壓力，用洩漏試驗液檢查各部是否有洩漏。
低壓部	從器具穩壓器低壓側至器具開關處	器具裝置容器後，於器具開關全閉狀態下，以檢知火燄、肥皂液等檢查各部是否洩漏。
	從器具開關至燄孔處	將器具開關全開，並且點燃燃燒器，以檢知火燄檢查各部是否洩漏。

由表中知，卡式爐各部件間氣密試驗檢查的方法不盡相同。在高壓部我們使用高壓瓶氣為氣源，加 9kgf/cm² 壓力後，最常發生洩漏的部位為容器和器具接合部位置，因為接合部的入氣閥口使用 O-RING 密封件，加工精度不良或密封件老化，均會導致燃氣洩漏。我們檢查使用的洩漏試驗液為一種"瓦斯微洩漏測試噴劑"，噴一點在接口處看看有無起泡，由於此產品能測到相當低的可燃性氣體洩漏，所以一旦接口處有漏氣，就會有泡沫產生，我們就可以檢查出卡式爐與瓦斯罐接口有無洩漏。在低壓部間的檢查使用的氣源為瓦斯罐內的瓦斯，此時可以使用檢知火焰(即點火槍)或肥皂水塗抹查找，以了解是否有燃氣洩漏。若有條件，將整個燃

氣系統浸泡在水中，也可觀察是否有洩漏現象。

(3) 燃氣通路之耐壓性

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
型式	SD-008	GL-090M	ZA-3	EJ-168	TB-010M	SG-910(T)	VE-03	JL-168	HKR-080M	ZOI-800
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

卡式爐燃氣通路之耐壓試驗主要是檢查燃器具是否有洩漏、變形及破壞，上表 10 台檢測樣品其檢測結果均符合表 3-1 性能要求。耐壓試驗所使用的氣源為高壓瓶氣，所加之壓力為 13 kgf/cm^2 ，在器具裝置容器後將開關全開，以目視檢查在容器和器具穩壓器之間及在器具穩壓器高壓側處有無洩漏變形及破壞。經查看卡式瓦斯罐的檢驗標準 CNS14530，合格檢驗的瓦斯罐所能承受的內部壓力約 15 kgf/cm^2 ，因我們所加的壓力已接近瓦斯罐破裂時之壓力，為安全性考量，在檢測時最好將試驗裝置安全門關上，由安全門上之透明窗目視檢查，以避免容器爆裂的危險。

(4) 壓力感知安全裝置

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
作動值	5.0	5.5	6.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.0	5.5
安全裝置	容器脫離	容器脫離	燃氣阻斷	容器脫離	容器脫離	容器脫離	燃氣阻斷	燃氣阻斷	容器脫離	容器脫離
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

卡式爐於正常使用情況，罐內充填之液化丁烷須吸收熱量氣化作為燃料之用。此時卡式瓦斯罐表面會呈冰冷狀態，若非高溫輻射，否則卡式罐內之壓力不會上升。但有些消費者在使用卡式爐之前，未看清楚使用說明書及安全注意事項，會將過大烤盤或平底鍋、火鍋、烤肉鍋置於卡式爐上使用，或為了加強火力，將卡式爐併排使用，但因為會蓋到放置於爐具側蓋內之卡式罐，造成卡式罐受烤盤輻射熱致陷於受熱狀態，導致罐內壓力提升，而卡式爐壓力感知安全裝置的功能就是阻斷卡式罐內壓繼續升高。10 件市購檢測樣品，其壓力感知安全裝置之作動試驗值為 5.0~6.0 kgf/cm²，均能符合當容器內壓力 4 kgf/cm² 以上 6 kgf/cm² 以下範圍內時，燃氣通路應關閉，或與器具結合

之容器從器具結合處脫離，及燃氣通路不會自動開啟之規定。由檢測結果表彙整中知，10款市售攜帶式卡式爐其壓力感知安全裝置之機構，有7款使用卡夾機構跳脫的安全裝置。參考表11 丙烷、丁烷蒸汽壓(絕對壓力)內容，各家設定出廠之作動跳脫溫度約50~60°C，即當使用中的卡式瓦斯罐有不正常之溫度上升時，在50幾度時卡式爐其壓力感知安全裝置會作動，使燃氣停止供應而熄火。但以卡夾機構設計的壓力感知安全裝置容易因跳脫機構生鏽或被不耐熱變形的塑膠面板卡住無法跳脫，造成壓力感知安全裝置無法發揮功能，倘若卡式罐仍持續受熱，將導致卡式罐發生爆炸。另3款廠商設計以遮斷燃料供應方式作動之壓力感知安全裝置，即前面介紹之內部燃氣阻斷式(內截式)壓力感知安全機構，可改善卡式爐使用年限太久，生鏽或是金屬疲乏等，使其卡夾機械跳脫失效情形。

(5)電氣點火性能

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
型式	放電式									
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

CNS14529 提到對燃燒器之點火，原則上可使用火材或點火器。而

利用點火器點火的方式有兩種，一為放電式點火裝置，另一為電熱線點火裝置。10 台市購樣品的點火方式均為放電式點火，其檢測結果均符合 10 次中有 8 次以上能點著，無連續不點火，及無爆炸性點火之情形。由檢測表中知爐具的點火方式已由過去之電池自動點火演進為放電式點火，其原因是無需更換電池及電熱線等消耗品。所謂放電式點火裝置，即前面介紹之壓電點火的方法，它利用壓電效果來產生火花，使瓦斯點燃。而電熱線點火方式是由乾電池、爐具開關連動的電池開關和導火燃器附近的電熱線圈等三個主要部分以電線連接組成的構造，示意圖如圖 4-3。其作動程序為，爐具開關一開動，少量瓦斯即供應導火燃器，同開動電池開關，使電熱線圈燒紅而點燃導火燃器所噴出的瓦斯，有關電熱線式點火裝置構造，請參考圖 4-4。

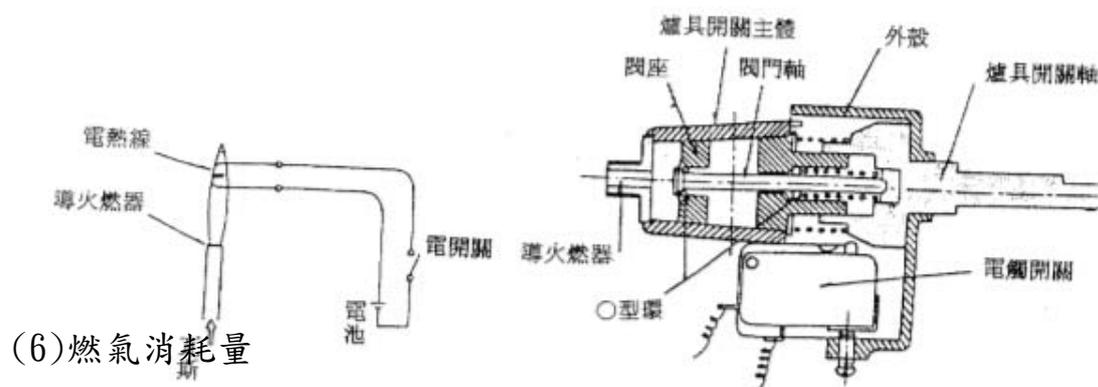


圖 4-3 電熱線式點火裝置示意圖 圖 4-4 自動點火爐具開關構造

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象

規格 g/h	160	160	192	150	160	160	150	135	160	170
實測 g/h	164.3	153.6	201.6	152.6	154.4	156.4	150.2	127.4	155.8	172.3
誤差 %	+2.6	-4.0	+5.0	+1.7	-3.5	-2.2	+0.1	-5.6	-2.6	+1.3

2. 分析探討

- a. 有關燃氣器具之燃氣消耗量單位的使用，常見有 m^3/h 、 kw 、 kg/h 、 kcal/h 等。而對卡式爐標示燃氣消耗量的使用，標準規定的單位為 g/h ，即單位時間內卡式爐所耗用的丁烷氣質量。此項是卡式爐加熱能力大小的表現，它是燃具主要的技術指標之一，加熱能力大，則耗氣量大，火力強，反之火力弱。雖然標準沒有對燃氣消耗量之性能指標有準確度的規範，但 10 件樣品實測結果與標示之燃氣消耗量，其誤差均在 $\pm 10\%$ 以內，符合台爐之檢驗標準 CNS13604 對於燃氣消耗量 $\pm 10\%$ 之規定。
- b. 卡式爐使用 g/h 單位來標示其設計的額定耗氣量，若想了解它於單位時間內能提供之熱流量大小時，須參考表 4-2 有關瓦斯器具現行公制單位與 SI 單位互換關係，做如下的換算。以編號 1 標示 $160\text{g}/\text{h}$ 為例：

● kw ($1\text{kg}/\text{h}=13.96\text{kw}$ 換算)

$$160\text{g/h}=0.16\text{kg/h}=0.16\times 13.96=2.2336\text{kw}$$

●kcal(1kw 相當於 860kcal 熱量)

$$2.2336\times 860=1920.9\text{kcal}$$

即該爐具每小時可發出 2.2336kw(1920.9kcal)的熱量。其次，若

表 4-2 瓦斯器具現行公制單位與 SI 單位互換關係

要再換算成 m^3/h ，則除以熱值即可(丁烷熱值取 32010kcal)，可得

名稱	現行單位	SI 單位	備考
發熱量	kcal/m ³	kJ/m ³	1 kcal/m ³ =4.19 kJ/m ³
瓦斯消耗量	kcal/h	w	1 kcal/h=1.163w
	kg/h		1 kg/h=13.96kw

$$1920.9/32010=0.06\text{m}^3/\text{h}$$

(7) 器具之使用性能

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
規格 g/h	160	160	192	150	160	160	150	135	160	170
熱效率 %	40.1	40.3	44.4	41.2	44.6	43.1	45.6	44.5	42.2	42.4
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

a. 熱效率指標反映了燃氣有效被利用熱量的多少，熱效率低的產品會造成能源的浪費，用這些產品的消費者會無形中付出更多的燃料費用。檢驗標準規定，攜帶式卡式爐的熱效率應大於 40 % 以上。本次檢驗的 10 件樣品，其熱效率均有達 40 % 以上。由檢測數據來看，熱效率之高低與燃氣消耗量並無直接關係，即並不是消耗量大，就是火力大，加熱效果愈好，而是要看輸出熱量被利用程度的效果如何。

b. 熱效率計算之方法如下（參考如下公式）：

我們以樣品 6 為例，今編號 6 熱效率試驗之數據為： $M=2\text{kg}$, $t_2-t_1=51^\circ\text{C}$ ， $C=1\text{cal/g}\times^\circ\text{C}$ ，實測 $V=20\text{g}$ 。

首先，計算丁烷每公克所發出之熱量，如表 4，丁烷之高熱值

$Q=2879057\text{kJ/kmol}$ ，則： $Q=2879057/58.124=49533\text{kJ/kg}=11.82\text{kcal/g}$ 。

則卡式爐發出的總熱量 $V\times Q=236.4\text{kcal}$ ，利用的熱量 $=M\times C\times$

$(t_2-t_1)=2\times 1\times 51=102\text{kcal}$ ，所以熱效率：

$$\eta = \frac{102}{236.4} \times 100 = 43.1$$

$$\eta = \frac{M \times C \times (t_2 - t_1)}{V \times Q} \times 100$$

η :熱效率(%)

t_2 :被加熱水之最終溫度(°C)

M :用於加熱試驗之水質量(kg) t_1 :用於加熱水之初溫(°C)

C :用於加熱試驗之水比熱【KJ/(kg·K)】 ≈ 4.19

Q :燃氣之總發熱量(kw/g) V :實測燃氣之消耗量(g)

(8) 燃燒狀態

1. 檢測結果彙整表

a. 火焰檢視

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
規格 g/h	160	160	192	150	160	160	150	135	160	170
移火	<input type="radio"/>									
浮火 熄火	<input type="radio"/>									
火焰 均勻 性	<input type="radio"/>									
回火	<input type="radio"/>									
黃焰	<input type="radio"/>									
煤煙	<input type="radio"/>									

連續 噪音	○ 符合										
	● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

b. CO 濃度

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwat ani	FP	TEMB	歐倍 特	御膳 坊	歐王	妙管 家	日象
規格 g/h	160	160	192	150	160	160	150	135	160	170
O _{2a} %	17.8	19.9	18.7	18.2	18.7	18.2	18.8	18.9	18.5	19.3
CO _a (ppm)	114	54	12	107	64	67	10	127	88	35
CO _{α=1} %	0.074	0.103	0.010	0.080	0.058	0.050	0.009	0.127	0.073	0.043
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 分析探討

a. 本項目主要是試驗卡式爐在無風狀態下燃燒時，其火焰之傳遞性(移火)、火焰之均勻性、火焰穩定性(浮火、熄火、回火)、燃燒噪音以及乾燥燃燒廢氣中一氧化碳濃度(黃焰、煤煙)各項指標狀況。燃燒狀態直接反映了卡式爐的結構優劣以及與燃氣

種類的匹配性能，10 件檢測樣品均能符合標準規定。

- b. 所謂移火即著火源點燃燃燒器之局部焰孔後，火焰再依序移動引燃鄰接之焰孔至全部焰孔引燃著火稱之。關於移火試驗標準規定節錄如下：

(a)移火：使用燃氣調節鈕往“大”之方向連續 5 次

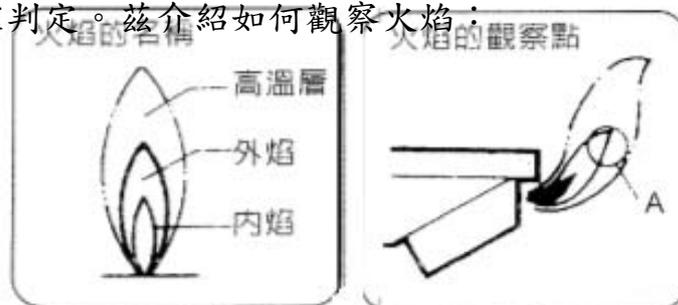
①自主燃燒器之焰孔一端點火查看是否能確實移火及對全部焰孔是否能在時間內移火，點火方法如以電氣點火裝置直接點火者用其裝置點火，如用點火燃燒器或母火燃燒器點燃者就用其裝置點火，不屬上述方式點火者則用火柴或誘導焰作點燃。

②查看有無爆炸性移火。

其中「^③使用燃氣調節鈕往“大”之方向連續 5 次」之敘述，與下面 3 點之試驗規定，依實際之檢測經驗體會，其文字意義為必須重複 5 次做下面 3 點之試驗，而且並沒有做燃氣量的調節。所以筆者認為應將「使用燃氣調節鈕往“大”之方向連續 5 次」改為

「以下試驗重複 5 次」，則較能讓試驗人員明白及做正確之檢測。

- c. 標準對於在正常燃燒狀態下黃焰之檢測要求是，不能與電極接觸及不發生煤煙，所以檢測人員必須能正確地觀察火焰，並做出正確判定。茲介紹如何觀察火焰：



前面已介紹本型式燃燒時其火焰的形狀，它由內焰(藍色錐體)和外焰兩個明顯區分的燃燒區域及外圍肉眼看不到的高溫層構

成，正常燃燒時，內焰淡清，外焰紫藍色。所以關於藍焰與黃焰之判別，此時以觀察焰火外焰之末端為準(如圖 4-5 之 A)。

d. 10 件樣品在 CO 濃度之檢測結果，均能符合理論乾燥燃燒廢氣之中 CO 濃度在 0.14 % 以下標準規定。編號 8 樣品為紅外線卡式爐，為完全預混式燃燒器。按紅外線燃燒器設計要求，燃氣燃燒所需要的空氣全部依靠燃氣的能量從一次空氣吸氣口吸入，並進行預混，燃燒時不需要二次空氣，燃燒充分迅速，焰孔外表面基本無火焰，所以我們稱紅外燃燒器為無焰燃燒器。但檢測時發現，此產品雖採用完全預混式燃燒，燃燒反應卻在焰孔內及表面進行，焰孔表面有很短火焰，雖為無焰燃燒，但不是真正的無焰燃燒（有短火焰）。而真正的無焰燃燒，主要是將反應控制在焰孔內催化劑表面進行，燃燒時，可達到完全無焰燃燒狀態。當前市面上銷售的紅外線爐具多是在原來的燃燒器基礎上改進的，沒有按紅外線燃燒器的要求來設計，所以當陶瓷板表面有短火焰時，表示燃氣量過大，通常 CO 值也會偏高，編號 8 樣品就是一例。

e. 前面介紹由於燃氣與空氣存在混合不均勻性，如果只對爐具供給理論空氣量，則很難保證燃氣與空氣的充分混合，因而不能完全燃燒，因此實際供給爐具的空氣量應大於理論空氣需要量。燃燒廢氣是燃氣燃燒後的產物。當燃氣完全燃燒後產生的

燃燒廢氣組成包含 CO₂、SO₂、N₂ 和 H₂O。前三種成分合在一起稱為乾烟氣，包括 H₂O 在內的燃燒廢氣稱為濕烟氣。當有過剩空氣時，廢氣中除上述組成外尚含有過剩空氣。實際上，包括爐具在內的燃器具很難做到完全燃燒，當爐具不完全燃燒時，燃燒廢氣中還包含有 CO、CH₄、H₂ 等成分，但由於 CH₄、H₂ 的含量比 CO 少得多，因此工程上常將 CO 的含量視為燃燒廢氣中的不完全燃燒產物。如前述，燃燒時只需要理論空氣量(即 α=1)的情況幾乎不存在，但是標準在一氧化碳的定量計算中，是以此情況為基準。標準中計算燃燒廢氣中一氧化碳濃度的公式為：

$$CO = CO_a \times \frac{O_{2t}}{O_{2t} - O_{2a}}$$

CO：理論乾燥燃燒廢氣中 CO 濃度(體積%)

CO_a：乾燥燃燒廢氣中 CO 濃度實測值(體積%)

O_{2t}：供氣環境中乾燥狀態之 O₂ 濃度實測值(體積%)，如

係新鮮空氣則 O₂=21%

此計算公式稱為氧稀釋法，是對混入燃燒廢氣中的空氣及空氣中 O_{2a}：乾燥燃燒廢氣中 O₂ 濃度實測值(體積%)

原來含有一氧化碳進行修正後，得出過剩空氣為 1 時之乾燥燃燒廢氣中一氧化碳含量。但這種修正是以氧含量佔空氣的 21% 為依據的，在實驗室的燃燒環境，氧的含量是會發生變化的(即 O_{2t} ≠ 21%)；其次，在取樣時也會吸取到混入燃燒廢氣中的空氣，若實測的 O_{2a} 值過高，即表示混入燃燒廢氣的空氣過多，會使 CO_{α=1} 產生較大誤差。10 件樣品實測的 O_{2a} 值筆者認為過高，即當利用燃燒廢

氣分析器具檢測 CO 的濃度時，儀器顯示幕上的 O_{2a} 及 CO_a 值常不能穩定在某一值，會造成試驗人員在計算 $CO_{\alpha=1}$ 結果時，產生較大的離散性，所以筆者認為應將取樣器取樣的位置由原本之鍋高 1/3 處，改為鍋高 2/3 處取樣(如圖 4-6)，如此較不易受混入氣流之干擾。

(9) 標示

1. 檢測結果彙整表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
廠牌	火鳥	灰熊	Iwatani	FP	TEMB	歐倍特	御膳坊	歐王	妙管家	日象
型式	SD-008	GL-090M	ZA-3	EJ-168	TB-010M	SG-910(T)	VE-03	JL-168	HKR-080M	ZOI-800
○ 符合 ● 不符合	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○
不符項目						無進口商地址	標示出廠日期	無進口商地址		

說明書是否記載消耗量	○有 ●否	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○
------------	----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. 分析探討

- a. 依商品檢驗法第 11 條規定：報驗義務人於商品之本體、包裝、標貼或說明書內，除依檢驗標準作有關之標示外，並應標示其商品名稱、報驗義務人之姓名或名稱及地址。編號 6、8 此兩款經檢查均只標示報驗義務人之名稱，未於商品之本體、包裝、標貼或說明書內標示地址，故判定不符。編號 7 於商品本體標示出廠日期，而非 CNS 14529 要求標示之製造年月或批號，因此也判定不符。



b. 攜帶式卡式爐為本局型式認可檢驗之商品，關於標示的要求為

依據 CNS14529 第 7 節之規定，每台器具的側面或正面應有以不易磨滅之標示，包括成品標示、警告性標示、操作標示等內容。

檢查市購樣品在卡式爐的明顯位置印製警示性說明，及在卡式爐的操作旋鈕上方印刷調整操作方向的標示均符合規定。但關於成

品標示，依標準規定包含有：(a)器具之名稱、型式代號(b)製造年月或批號(c)製造廠商名稱或其代號。檢查中發現，檢測樣品之成品標示大多與圖 4-7 成品標示之態樣類似。我們比較好奇的是，成品標示並無規定必須標示燃氣消耗量。然而，所有的檢測樣品之成品標示均有燃氣消耗量之標示。而燃氣消耗量為卡式爐最重要的技術參數，當燃氣消耗量試驗、燃燒狀態試驗、熱效率試驗檢測時，就必須根據消耗量的大小來選用試驗鍋。如果選用不適當的試驗鍋，是會影響檢測結果之正確性。經檢視 CNS14529 內容是否有關於燃氣消耗量標示之規定，我們發現在其內容表 3 之備考 1 有如下敘述：

表 3 試驗用鍋之大小

燃 氣 消 耗 量 g/h	鍋之大小口 徑標稱 cm	口 徑 cm	深 m	鍋底圓部 (曲彎半徑) mm	質 量 g	熱 效 率 測 定 時 之 水 量 kg
90 以下	14	140	64	20	130	0.65
超過 90 115 以下	16	160	73	23	155	1.0
超過 115 145 以下	18	180	82	26	190	1.4
超過 145 175 以下	20	200	91	29	250	2.0
超過 175 210 以下	22	220	100	32	300	2.7
超過 210 250 以下	24	240	109	35	380	3.5
超過 250 300 以下	26	260	118	38	470	4.4
超過 300	28	280	128	41	585	5.6
	30	300	137	44	720	--
	32	320	144	47	860	--

備考：1.燃氣消耗量以依個別燃燒器之燃氣消耗量為準，係器具製造業者
在使用說明書所記載之數值。

2.鍋之材料應符合 CNS 754〔淺式平底鋁鍋〕之材料項目，其形狀
為直筒形鍋。

也就是標準規定，卡式爐其燃氣消耗量必須記載於使用說明書

3.鍋各部尺度依表 3 之規定，尺度之容許差：口徑±3%深±1%

內鍋底之圓角處之曲率半徑±10%。
且根據其記載之大小選用適當之試驗用鍋。但編號 1 及 4，

4.質量數值只適用於測試熱效率用之鍋，其容許差則除去把手、抓

子等之狀態下要有規定之±5%。

檢查時並未發現在說明書內有記載該台燃氣消耗量大小，而是標示在成品標示中。基於上述發現，筆者認為卡式爐之成品標示應有該台燃氣消耗量之標示。若以不修訂檢測標準為前提，則可於型式代號中加註，例如圖 4-7 其型號可標示為 K1-111V-185。如此，成品標示就可不必有燃氣消耗量之欄位，也符合現行標準之規定。

伍、結論及建議

(1)此次 10 件檢測樣品就有 3 件在通常使用狀態時，爐架下方可裝入預備容器，而被依消費者保護法第 38 條規定命令廠商改善。可見這種不符合構造規定之商品，還充斥在市場上。為顧及消費者使用安全，有此安全疑慮之商品應嚴格執行檢驗，若在通常使用狀態時，讓民眾有裝入預備罐的空間，即應判定不符合，並廢止型式認可證書。

(2)依卡式爐檢驗標準規定，檢驗人員必須參考製造業者在使用說明書所記載之燃氣消耗量來選擇試驗鍋大小。此次 10 件檢測樣品，有 2 件其說明書並未記載燃氣消耗量，而是將燃氣消耗量標示在本體之成品標示。故應要求業者確實於說明書中記載燃氣消耗量，且若卡式爐本體有標示燃氣消耗量，則此標示應與說明書所記載之數值相同。

(3)卡式爐之成本標示，標準並未要求標示燃氣消耗量。但此次檢

測結果發現，10 件樣品之本體均標示有燃氣消耗量。因此建議，卡式爐之成品標示應有該台燃氣消耗量之標示，以符合實際現況。若以不修訂檢驗標準為前提，則可於型式代號之末端加註，例如型號可標示為□□-□□□-XXX，XXX 代表燃氣消耗量。

(4) 一般民眾大都認為爐具之燃氣消耗量愈大，加熱效果愈好，燃料也愈省。但由檢測數據來看，熱效率之高低與燃氣消耗量並無直接關係，即並不是消耗量大，就是火力大，加熱效果愈好，而是要看輸出熱量被利用程度的效果如何。又編號 8 樣品為紅外線構造之燃燒器，理應熱效率要比大氣式燃燒器之加熱效果要好。但由檢測結果來看，其熱效率的表現也差強人意，而且價格是 10 台中最貴的。因此建議，卡式爐之成品標示應該要求業者標示熱效率大小，如此可讓消費者不再誤以為消耗量大，價格貴就是好的產品。

(5) 標準中計算燃燒廢氣中一氧化碳濃度的方法為為氧稀釋法，是對混入燃燒廢氣中的空氣及空氣中原來含有一氧化碳進行修正後，得出過剩空氣為 1 時之乾燥燃燒廢氣中一氧化碳含量。但此方法試驗時所得之結果，其離散性及誤差較大。因此建議，應將取樣器取樣的位置由原本之鍋高 1/3 處，改為鍋高 2/3 處取樣(如圖 4-6)，如此較不易受混入氣流之干擾。

(6) 關於卡式爐移火試驗，標準規定「使用燃氣調節鈕往“大”

之方向連續 5 次」之敘述，應改為「以下試驗重複 5 次」，如此字義較能讓試驗人員明白及做正確之檢測。

陸、參考資料

- [1]曾錦源”氣體燃料暨然氣器具概論” 五洲出版社 1976
- [2]任亢健”家用燃器具及其安裝與維修” 中國輕工業出版社
2008
- [3]章裕民”燃燒原理與污染控制” 空氣汙染防制專責人員訓練
教材 1996
- [4]同濟大學”燃氣燃燒與應用” 中國建築工業出版社 2000
- [5]吳瑞禮”瓦斯工程基礎學” 吳瑞禮 1985
- [6]邱添輝”遠紅外線加熱的理論與實務” 文笙書局 1997
- [7]日本瓦斯協會”瓦斯器具之知識” 吳瑞禮 1977
- [8]CNS14529、CNS14530、CNS13604、CNS13605